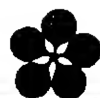
Amatérské RADIO

25 LET AR — LET SLUŽBY POKROKU



ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS
PRO RADIOTECHNIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ
ROČNÍK XXV/1976 ČÍSLO 4

V TOMTO SEŠITĚ

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 57-1. Šéfredaktor ing. F. Smolík, zástupce Luboš Kalousek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harminc, L. Hlinský, P. Horák, Z. Hradiský, ing. J. T. Hyan, ing. J. Jaroš, ing. dr. J. Joachim, ing. F. Králík, prom. fyz. L. Kryška, ing. J. Navrátil, K. Novák, ing. O. Petráček, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zíma, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, šéfred. linka 354, redaktoři l. 353. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství Magnet, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Dohlédací pošta Praha 07. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Tiskne Naše vojsko, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerci přijímá vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46044

Toto číslo vyšlo 23. července 1976.

Společenský a vědeckotechnický pokrok mohou urychlovat pouze lidé, kteří mají hluboké a všestranné znalosti, odpovědný vztah k práci a zároveň umějí všestranně, bohatě a plně žít. V této souvislosti je nabíledni, že je třeba nejen přijímat hodnoty, ale také je tvořit – to bylo a je krédem našeho časopisu, který slaví v letošním roce 25. výročí svého založení.

Snad by se na první pohled mohlo zdát, že je titulek tohoto úvodníku poněkud nadnesený, že příliš zveličuje úlohu a význam AR v životě naší společnosti. Zamyslíme-li se však nad historií uplynulých 25 let, nemůže nám ujít, že časopis byl především v některých obdobích skutečně na špičce, pokud jde o boj za pokrok, boj o probojování nových přístupů, nových poznatků a forem práce. To nakonec bylo oceněno na jarním sympóziu AR, pořádaném ve spolupráci s ČVTS elektrotechnické fakulty Českého vysokého učení technického, na němž byl časopisu slavnostně předán diplom VHJ TESLA za jeho úlohu v rozvoji elektroniky a na němž redakce obdržela nejvyšší vyznamenání, udělované ministerstvem spojů, jako ocenění práce v oblasti sdělovací techniky a elektroniky vůbec.

Pouze nejužšímu kruhu spolupracovníků redakce je však známo, že „to redakce neměla často lehké", že bylo např. i mnoho takových „odborníků", kteří nelibě nesli, že redakce uveřejňuje informace o nejmodernějších poznatcích z elektroniky, přičemž argumentovali nejrůznějším způsobem, často i „z pozice síly". Vývoj však ukázal, že doposud se redakce nikdy zásadně nezmýlila ve výběru uveřejňovaných materiálů – právě naopak. To vše platí o televizní technice, polovodičové technice, integrovaných obvodech atd.

Dnes je možno se pouze usmát např. tvrzení, že integrované obvody jsou pouze nereálným výmyslem, obchodním trikem atd., že pokud jde o miniaturizaci, mají budoucnost pouze tzv. mikromoduly. Kde je dnes mikromodulům konec! Podobně dopadli i ti kritici, kteří v době, kdy redakce uveřejňovala na pokračování seriál o tranzistorech, tvrdili, že tranzistory nemají budoucnost, a byli-li tolerantní, vyjímali ze svých odsudků oblast nf techniky, v níž, jak tvrdili, mohou snad tranzistory najít určité uplatnění.

Stejně je tomu v současnosti. Číslicová technika stále ještě u některých lidí vyvolává pocit výlučnosti, složitosti, a není málo těch, kteří tvrdí, že je doménou profesionálů a že jí také zůstane.

Tyto falešné názory, často podporované tzv. technickým konzervativismem, naštěstí nejsou a nikdy nebyly příliš rozšířeny. Každý skutečný technik, zapálený pro „věc", ať již amatér nebo profesionál, miluje na elektronice především to dobrodružné – odhalování tajů a „bílých míst"; snaha realizovat dosud zdánlivě nemožné a nerealizované, zvládnout v teorii i v praxi moderní poznatky je (nebo by měla být) charakterovou vlastností každého, kdo se zabývá elektronikou. Skutečný technik však také musí vždy stát oběma nohama na zemi, fantazírování nemá v technice místo, přičemž fantazírováním rozumím vymýšlení něčeho, na co mi nestačí ani síly, ani vědomosti, ani zkušenosti.

[Emblem: SVAZARM]

Velmi výstižně to řekl generální tajemník ÚV KSČ a prezident republiky dr. Gustáv Husák na setkání s mládeží 21. května letošního roku: *„Mládež má u nás zelenou, má otevřené dveře, může rozvíjet své schopnosti a uplatňovat se na kterémkoliv pracovišti, ve kterékoli obci nebo městě. Přirozeně, i zde musí být náročnost. Kdo chce spolurozhodovat, kdo se chce spoluúčastnit, musí věci znát, musí se je učit a musí se trochu kolem toho potrápit."*

S tím, co bylo uvedeno, velmi úzce souvisí i budoucí tematika našeho časopisu a naše budoucí úkoly. Zde by bylo na místě opět použít citát z projevu generálního tajemníka ÚV KSČ a prezidenta republiky dr. Gustáva Husáka, který při setkání s mládeží řekl:

„XV. sjezd KSČ určil pro další údobí vysoké a náročné úkoly. Může vzniknout otázka, proč si tak vysoké cíle dáváme. Lidé chtějí lépe žít. V žádném odvětví, v němž pracujeme, se nevystačí s tím, co bylo v minulých letech. Rostou nároky člověka, nároky společnosti, a proto si dáváme tyto vysoké, ale reálné úkoly, splnitelné za podmínky dobrého řízení i dobré a poctivé práce. Československo je vyspělý stát a musí držet krok s jinými vyspělými státy. A to vyžaduje dobrou, poctivou přípravu a zápal pro tuto myšlenku."

Redakce našeho časopisu by chtěla, stejně jako v minulosti, stát po boku těch, kterým leží na srdci pokrok a šťastný život celé naší společnosti. Chtěla by svým přínosem naplnit plány, které před naši společnost postavila vedoucí síla naší společnosti, Komunistická strana Československa. Chtěla by se podílet na splnění těchto plánů a svoji pozornost věnovat především přípravě mladé generace, jejíž znalosti a postoj k práci určují (nebo zanedlouho budou určovat) úroveň výroby, úroveň řízení atd. – prostě vše, na čem závisí budoucnost nás všech. Ke splnění tohoto úkolu uděláme vše, co je v našich silách, bez ohledu na nejrůznější objektivní potíže, s nimiž se setkáváme. Doufáme, že se nám pro tento program podaří získat další spolupracovníky tak, abychom splnili vše, co jsme si předsevzali, „v odpovídajícím množství a v odpovídající kvalitě". Zavazuje nás k tomu nejen naše tradice, ale i důvěra, kterou nám v naší práci projevují jak vydavatel, Svaz pro spolupráci s armádou, tak i naši čtenáři a spolupracovníci.

Letos na podzim se bude konat sjezd Svazarmu, na němž se bude hodnotit i přínos svazarmovských časopisů pro společnost. Chtěli bychom uctít 25. výročí založení Svazarmu a jeho sjezd co nejlepší prací v tom duchu, který byl vždy časopisu vlastní – v duchu boje za pokrok, proti zkostnatělosti, za tvůrčí přístup k problémům ať jsou jakéhokoli druhu. To byl a zůstává náš cíl.

KONSTRUKTÉŘI,
nezapomeňte, že konkurs AR-TESLA končí již 15. září!

ZAJÍMAVÁ a PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ 9

Zdeněk Svobodný

Úvod

Vážení čtenáři, scházíme se již po deváté nad stránkami Zajímavých a praktických zapojení. Jak jsme již v minulosti několikrát řekli, kritériem pro výběr uváděných zapojení je většinou jejich neobvyklost, technické „fígle", kromě toho však i možnost realizovat některá ze zapojení s našimi součástkami, snaha jednoduše osvětlit některé zásadní nebo i neobvyklé způsoby návrhu elektronických obvodů a jiná hlediska. Zatím jsem se vždy snažil, aby zapojení vybíraná pro Zajímavá a praktická zapojení bylo možno, i když třeba s určitým omezením, realizovat ze součástek, které jsou nebo perspektivně budou na našem trhu. Je zřejmé, že toto hledisko velmi omezuje možnost výběru, především u zapojení s integrovanými obvody, jichž se dnes v zahraničních časopisech a publikacích objevuje nejvíce. Navíc se sortiment integrovaných obvodů, ať již lineárních nebo číslicových, rozrůstá téměř každým dnem o další a další obvody, které jsou většinou nedostupné a o nichž navíc nelze sehnat příslušné technické údaje – zapojení a vlastnosti. Kdysi bylo možno jednoduché integrované obvody v nejhorším nahradit diskrétními součástkami, to však dnes není možné, neboť složitost většiny těchto obvodů je značná a náhrada je zcela nemožná, i když bychom opomenuli funkční vlastnosti a zaměřili se pouze na ekonomickou stránku náhrady. Přitom, jak jsem již uvedl, právě obvody s integrovanými polovodičovými prvky patří mezi nejzajímavější a nejpoužívanější.

Proto jsem při výběru zapojení zvolil určitý kompromis: zapojení jsou vybírána tak, aby je bylo možno realizovat s našimi součástkami, popř. tak, aby se čtenář seznámil s nejpoužívanějšími zahraničními prvky, které se jeví jako perspektivní a které by si mohl zájemce popř. opatřit na základě nabídky v inzertní části AR A, nebo i jinak. Tento druhý typ zajímavých zapojení jsem se snažil vždy doplnit i zapojením vývodů použitých integrovaných obvodů, pokud se mi podařilo toto zapojení zjistit.

Kromě uvedených kritérií výběru jsem použil ještě jedno – některá zapojení jsou zcela základní, jednoduchá, ta by měla sloužit jako podklad k experimentování pro začínající a méně zkušené zájemce, ostatní zapojení jsem se snažil vybírat tak, aby mohla sloužit jak pro amatéry, tak pro profesionály a pomohla případně řešit i jejich pracovní úkoly.

Pro další Zajímavá a praktická zapojení přijmu rád jakékoli návrhy a rady, týkající se výběru zapojení a např. i způsobu zpracování, tematických oblastí, které by měly být preferovány atd.

Popis zapojení ze zahraniční literatury začneme tentokrát poněkud netradičně. Úvodem si totiž ukážeme jednu konstrukci, která byla popsána v časopisu Popular Electronics, v lednu 1976. Uvádím ji na začátku zcela záměrně především proto, že je na ní jasně vidět všechny problémy přebírání konstrukcí z cizích časopisů: nedostupné integrované obvody, neobvyklé řešení běžného problému (jak rozvádět signál co nejjednodušším způsobem) atd. Článek se sice nazývá A wireless audio system for remote speakers (tj. Bezdrátový zvukový systém pro vzdálené reproduktory, přeloženo doslova), k přenosu signálu ke vzdáleným reproduktorům se však používá síťové vedení. Autor článku chtěl tímto řešením obejít otázku rozvodu vedení nf výstupního signálu ze zesilovače po rodinném domku. Byl bych rád, kdyby mi zájemci mohli napsat, zda je vhodné uvádět v Zajímavých a praktických zapojeních i zapojení a konstrukce tohoto nebo podobných typů.

Napájení vzdálených reproduktorů

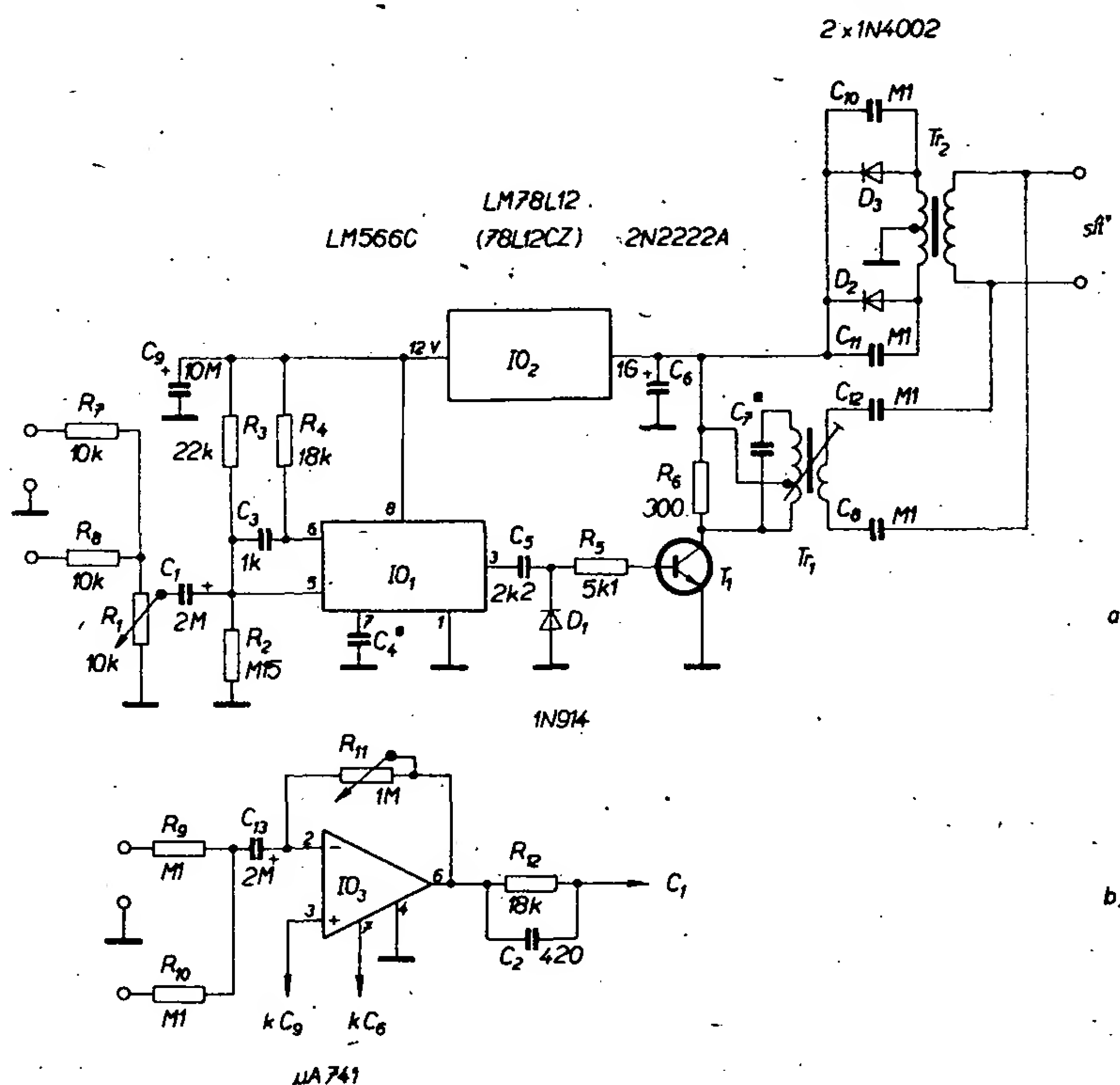
Systém rozvodu signálu používá kmitočtově modulovanou nosnou vlnu, fázově uzamykatelnou smyčku (PLL) a napěťově kontrolovaný oscilátor VCO. Přenos signálu má velmi dobré technické vlastnosti – kmitočtová charakteristika je v mezích ±0,2 dB v pásmu 30 až 17 000 Hz, celkové harmonické zkreslení je 2 %, odstup signál/šum je −50 dB při výstupním výkonu 2 W na impedanci 8 Ω. V principu lze systémem přenášet jak monofonní, tak stereofonní signál; v případě stereofonního signálu je třeba použít pro každý z kanálů jiný nosný kmitočet. Vstupní signál lze pro zařízení odebírat jak z tzv. diodového výstupu, tak např. ze zesilovače, z výstupu pro připojení reproduktoru.

Vysílač soupravy je na obr. 1. Používá se v něm integrovaný napěťově řízený oscilátor (VCO), jímž je buzen tranzistor T_1 zesilovače. Vysílač je napájen ze stabilizovaného zdroje, integrovaný stabilizátor má na výstupu konstantní napětí 12 V. Vstup vysílače je zdvojen, aby bylo možno připojit stereofonní signál. Je-li vstupní signál monofonní, lze vypustit odpory R_7 a R_8 a signál přivádět přímo na horní konec potenciometru R_1. Chce-li používatel zařízení např. vést po síti na druhou stranu místnosti (domku) jen jeden ze stereofonních kanálů, musí se vypustit jeden z odporů R_7 nebo R_8 a ke druhému je třeba paralelně připojit kondenzátor 470 pF, což zlepší kmitočtovou charakteristiku přenosu až do kmitočtu 20 000 Hz.

Vstupní obvod lze řešit i podle obr. 1b ve dvou případech: především tehdy, odebírá-li se vstupní signál pro vysílač ze zdroje s velkým výstupním odporem a požaduje-li se dobré oddělení obou kanálů stereofonního signálu. Útlum vstupního článku RC se vyrovnává operačním zesilovačem typu 741, jehož zesílení je v zapojení podle obr. 1b asi (maximálně) 10. Volit zesílení lze volbou odporu R_{11}.

Protože je systém imunní vůči šumu, není třeba používat v zařízení deemfázi a preemfázi. Pokud by chtěl někdo experimentovat v tomto směru, autor doporučuje pro standardní preemfázi 75 µs změnit R_{12} na 180 000 Ω. Pak budou zdůrazněny všechny kmitočty nad 2120 Hz. V přijímači je pak ovšem třeba použít deemfázi.

Kmitočet napětím řízeného oscilátoru s IO_1 je závislý na odporu R_4 a kapacitě kondenzátoru C_4. Vztah mezi napětím a kmitočtem je u takto zapojeného oscilátoru asi ±0,66*f*/1 V. Aby bylo zkreslení signálu co nejmenší, je třeba, aby odchylka kmitočtu byla maximálně 10 %; to vyžaduje, aby mezivrcholové napětí vstupního signálu na vývodu *5* integrovaného obvodu bylo maximálně 0,3 V. Protože se vstupní napětí z magnetofonu nebo z jiného zdroje modulace může měnit od asi 400 do 1500 mV



(efektivní velikost), musí být R_1 vybrán tak, aby byla splněna podmínka pro velikost napětí na vývodu *5 IO*$_1$.

Kmitočtově modulovaný výstupní signál na vývodu *3* integrovaného obvodu IO_1 má pravoúhlý průběh a mezivrcholovou velikost asi 6 V. Tento signál se používá k modulaci vf oscilátoru s tranzistorem T_1. Jako kolektorová zátěž tranzistoru slouží laděný transformátor Tr_1. Transformátor je laděn na pracovní kmitočet jádrem (celý obvod lze případně doladit změnou kapacity kondenzátoru C_7) a je pro tranzistor kolektorovou zátěží s velkou impedancí, takže není třeba používat dodatkové obvody (k omezení proudu T_1). Protože je mezivrcholová velikost signálu na kolektoru T_1 až 50 V, musí být tranzistor vybrán s U_{CE} minimálně 60 V. Modulovaný vf signál vysílače je navázán na rozvod sítě kondenzátory C_8 a C_{12}.

Kondenzátory paralelně k usměrňovacím diodám mají za úkol potlačit případné rušící signály (které vznikají při usměrňování střídavého napětí), jejichž kmitočet by mohl „padnout" do oblasti kmitočtů přenášeného signálu.

Obvody přijímače (obr. 1c) mají za úkol zesílit, omezit a demodulovat přijímaný kmitočtově modulovaný signál, rozváděný po síti. Přijímač musí současně potlačovat šum při absenci nosné. Na vstupu přijímače je laděný obvod, který se nastavuje na kmitočet nosné vlny. Za vstupním obvodem je dvoustupňový omezovací zesilovač, integrovaný zesilovač s fázově uzamykatelnou smyčkou, nf integrovaný zesilovač IO_2, „umlčovací" tranzistor T_{1E} a T_2. Přijímač je opět napájen stabilizovaným napětím z integrovaného stabilizátoru s IO_3.

Kmitočtově modulovaná nosná vlna se na vstupní laděný obvod přivádí přes kondenzátory C_1 a C_{21}. K sekundárnímu vinutí laděného obvodu je paralelně připojen odpor, který zmenšuje jeho jakost. Signál nosné kmitočtu na sekundárním vinutí vstupního laděného obvodu může mít amplitudu 0,2 až 45 V (mezivrcholová velikost). Proto je na sekundárním vinutí odbočka v 1/17 počtu závitů; vstupní napětí na bázi T_{1A} je (mezivrcholová velikost) asi 12 mV až 2,6 V.

Dvoustupňový omezovač s T_{1A} až T_{1D} pracuje jako velmi rychlý komparátor, jehož zesílení je asi 3000 při 70 V/μs. Výstupní signál omezovače má pravoúhlý průběh s náběžnou sestupnou hranou 100 ns, jeho velikost je (mezivrcholová) asi 7 V. Výstupní signál z omezovače je přiveden na umlčovač (mute detector) s T_2 po zeslabení děličem s R_{12}, R_{14}.

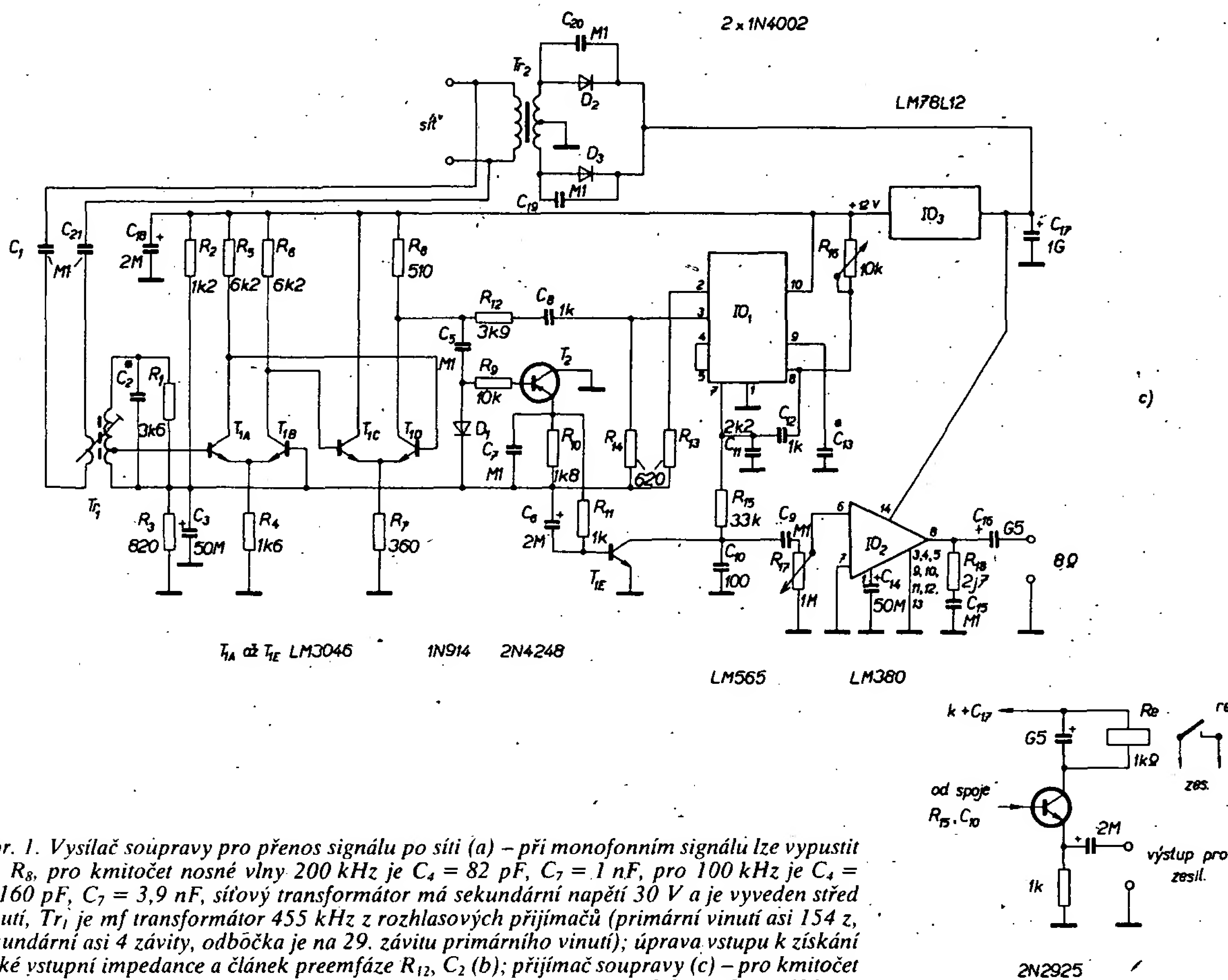
Integrovaný obvod PLL pracuje jako úzkopásmový zesilovač/filtr a demodulátor, jehož výstupní nf signál má velmi značný odstup signál/šum. Vnitřní oscilátor integrovaného obvodu volně kmitá na kmitočtu blízkém kmitočtu nosné vlny, kmitočet je určen kapacitou kondenzátoru C_{13} a nastavením odporu R_{16}. Použije-li se preemfáze, je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru C_{10} na 2200 pF.

Obvody umlčovače „umlčují" přijímač, není-li přijímán signál nosného kmitočtu. Podstatně se tím sníží hladina šumu v mezerách mezi vysíláním. Obvody umlčovače se skládají z kondenzátoru C_7, diody D_1 a tranzistoru T_2. Místo běžné diody je ve špičkovém detektoru použit tranzistor jako emitorový sledovač, aby měl obvod detektoru velký vstupní a malý výstupní odpor. To umožňuje spínat detektor malým napětím 1 až 2 mA z tranzistoru T_{1E}, aniž by byl zatěžován omezující detektor velkým odběrem proudu. Není-li na vstupu přijímače signál nosné vlny, předpětím +4 V přes odpory R_{10} a R_{11} se udržuje tranzistor T_{1E} ve vodivém stavu a nf signál je zkratován na zem. Je-li na vstupu přijímače signál nosné vlny, je na výstupu omezujícího zesilovače napětí pravoúhlého průběhu 7 V. Toto napětí je „špičkově" detekováno, záporné výstupní napětí detektoru projde pak integračním článkem R_9, C_7, je „zprůměrováno" článkem R_{10}, C_7 a dále integrováno článkem C_6, R_{11}. Výsledkem je záporné napětí 4 V, které uzavře tranzistor T_{1E} – demodulovaný signál (nf) projde pak do nf zesilovače.

Nf integrovaný zesilovač má výstupní výkon 2 W. Chce-li používatel zařízení získat takový výstupní signál, jímž by se mohl budit výkonový zesilovač, lze použít obvod na obr. 1d. Spínací obvod je napájen z obvodu umlčovače šumu, kontakty relé připojují výkonový zesilovač pouze tehdy, je-li na vstupu přijímače signál nosné vlny.

I když v našich podmínkách by bylo asi mnohem ekonomičtější rozvádět signál např. dvoulinkou, je uvedený způsob rozvodu nf signálu zajímavý tím, že se v něm používají moderní integrované obvody a moderní obvodová technika. Proto jsem se snažil, aby byl popis činnosti obvodu dostatečně podrobný.

Při této příležitosti bych chtěl upozornit ještě na jednu okolnost: čas od času se stává, že v zahraničních nebo i našich časopisech se objevují stavební návody na zařízení, která lze používat jako vysílací zařízení, nebo která pracují na kmitočtech, používaných pro spojovací a jiné služby. Tato zařízení buď nelze používat podle našich předpisů vůbec, nebo podléhají schválení, tj. k jejich provozování je si třeba vyžádat svolení od Správy radiokomunikací. Toto omezení platí např. i pro uvedený přístroj k rozvodu signálu po síti.



Obr. 1. Vysílač soupravy pro přenos signálu po síti (a) – při monofonním signálu lze vypustit R_7, R_8, pro kmitočet nosné vlny 200 kHz je C_4 = 82 pF, C_7 = 1 nF, pro 100 kHz je C_4 = = 160 pF, C_7 = 3,9 nF, síťový transformátor má sekundární napětí 30 V a je vyveden střed vinutí, Tr_1 je mf transformátor 455 kHz z rozhlasových přijímačů (primární vinutí asi 154 z, sekundární asi 4 závity, odbočka je na 29. závitu primárního vinutí); úprava vstupu k získání velké vstupní impedance a článek preemfáze R_{12}, C_2 (b); přijímač soupravy (c) – pro kmitočet nosné vlny 200 kHz je C_2 = 1 nF, C_{13} = 300 pF, pro 100 kHz je C_2 = 3,9 nF, C_{13} = 620 pF, má-li vysílač zavedenu preemfázi, musí se zvětšit kapacita kondenzátoru C_{10}, síťový transformátor má sekundární napětí 30 V a střed vinutí je vyveden zvlášť, Tr_1 je mf transformátor, stejný jako v přijímači, pouze odbočka na sekundárním vinutí je na 9. z; na poslední části obr. 1 (d) je úprava nf části přijímače k získání výstupního signálu pro výkonový zesilovač

Popisy podobných přístrojů je pak třeba vždy brát pouze jako technickou informaci o použitých principech nebo o použitých součástkách, a nikoli jako stavební návody.

Dále se věnujeme zajímavým obvodům v tom pořadí, jaké se již v minulosti osvědčilo – nejprve si popíšeme několik zapojení zdrojů a nejrůznějších napáječů, dále zapojení z měřicí techniky, přijímací techniky atd.

Zdroje, napáječe, nabíječe, regulátory

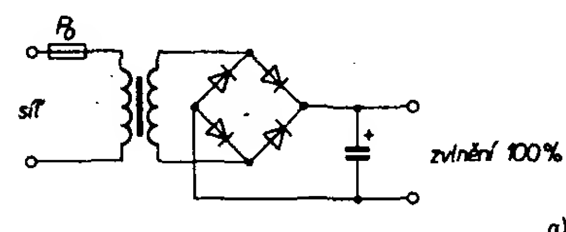
Jak navrhovat výkonový zdroj

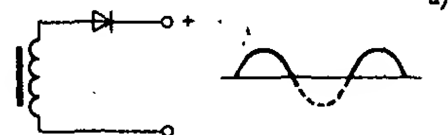
Protože základním přístrojem, který by neměl chybět v žádné amatérské ani profesionální „dílně", je síťový zdroj, pokusím se popsat návrh a realizaci tohoto zařízení od samého počátku, včetně výkladu základních pojmů.

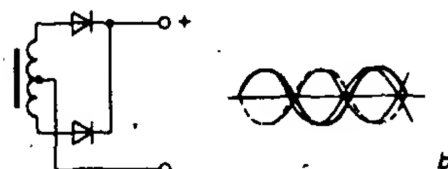
Nejjednodušším zdrojem s výhodnými vlastnostmi je zapojení na obr. 2a. Síťové napětí se převede na žádanou velikost síťovým transformátorem, sekundární napětí se usměrní diodovým (tzv. Graetzovým) můstkem. Na výstupu můstku je pulsující napětí. Aby se získalo výstupní napětí odpovídající stejnosměrnému napětí z baterií, je ho třeba vyhladit (filtrovat) elektrolytickým kondenzátorem.

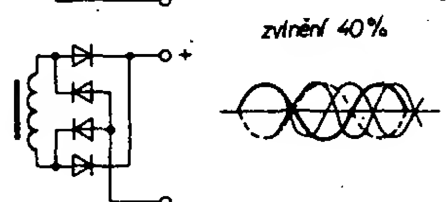
Volba transformátoru závisí na požadovaném výstupním stejnosměrném napětí a proudu. Chceme-li ze zdroje odebírat např. napětí 12 V a proud 0,5 A, byl by vhodný transformátor např. se sekundárním napětím 12,6 V, 0,5 A, který se často používal jako žhavicí transformátor v elektronkových přístrojích. Aby byla splněna pravidla bezpečnosti provozu, je vždy třeba chránit zdroj pojistkou. Pojistku lze dimenzovat takto: primární napětí na transformátoru (tj. napětí sítě) dělíme sekundárním napětím. Bude-li tedy síť např. 120 V, sekundární napětí 12 V, bude výsledek 120/12 = 10. Tímto číslem budeme dělit maximální požadovaný výstupní proud. Bude-li tento proud např. 500 mA, bude 500/10 = 50 mA; 50 mA je proud odebíraný ze sítě, primární proud. Konečně budeme násobit tento proud asi pěti, čímž získáme proud, na jaký má být dimenzována pojistka. V našem případě pak tedy 50 × 5 = 250 mA. Pojistka bude tedy na 0,25 A.

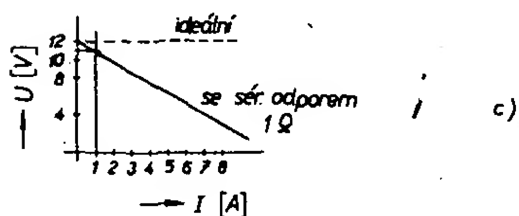
Jako usměrňovač nemusí být samozřejmě použity čtyři diody, na obr. 2b jsou možné způsoby zapojení usměrňovačů. K jednotlivým způsobům je třeba říci stručně, že při

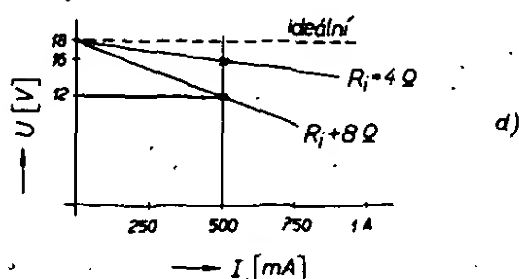


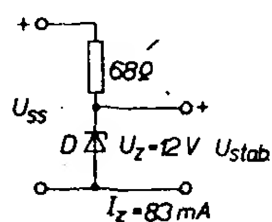


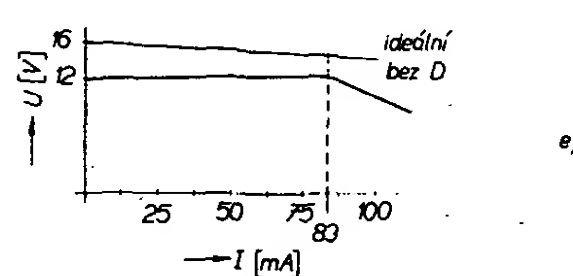


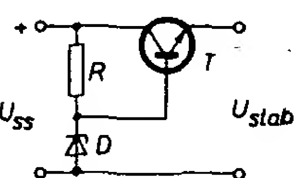


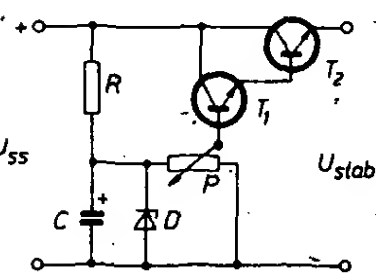


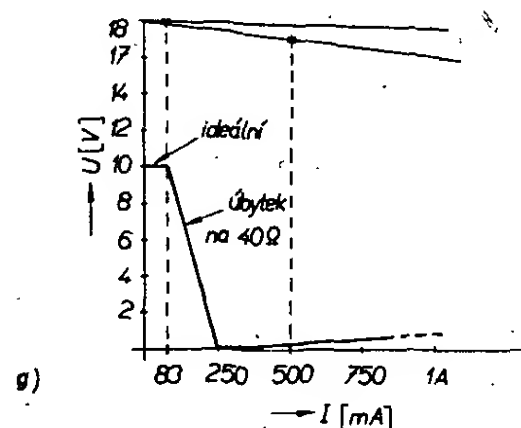


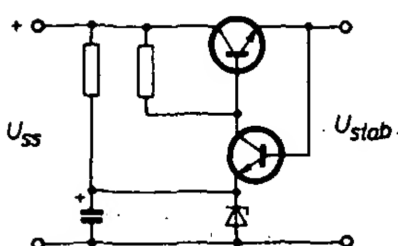


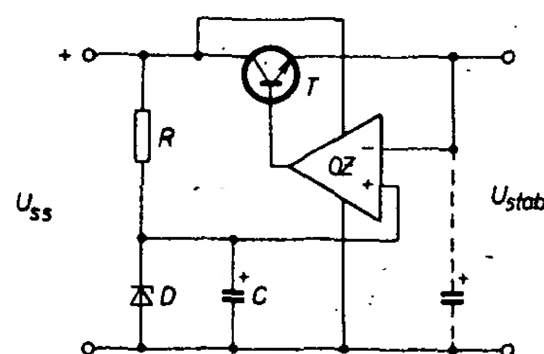


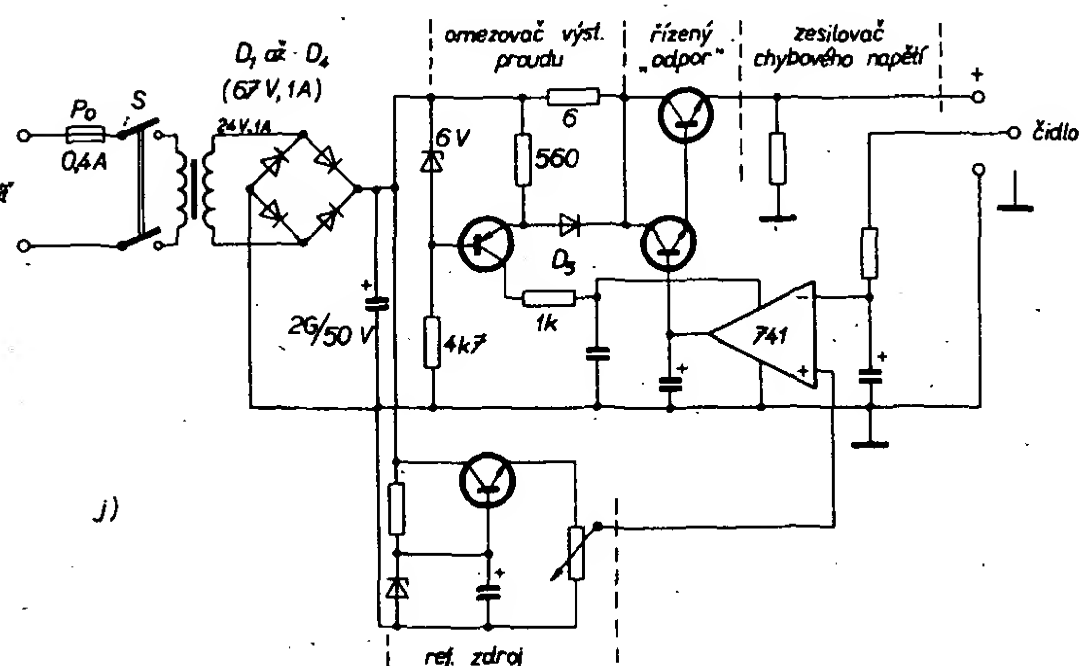












Obr. 2. Návrh síťových zdrojů; a – základní nejužívanější zapojení, b – tři základní zapojení usměrňovačů, c – úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje, d – ideální a skutečné napětí zdroje, e – stabilizace napětí Zenerovou diodou, f – základní zapojení stabilizátoru se Zenerovou diodou a tranzistorem v zapojení emitorového sledovače, obvod zesiluje proud a nemá napěťový zisk, g – praktické zapojení stabilizátoru – emitorového sledovače, tranzistor T_1 zmenšuje nutnou výkonovou ztrátu Zenerovy diody, výstupní napětí lze regulovat potenciometrem, h – stabilizátor se snímacím tranzistorem, i – stabilizátor s operačním zesilovačem jako zesilovačem chybového napětí, j – základní schéma zapojení stabilizátoru se zdrojem referenčního napětí, obvodem k omezení výstupního proudu, výkonovým členem (řízený „odpor") a se zesilovačem chybového napětí

jednocestném (půlvlnném) usměrnění je třeba používat vyhlazovací kondenzátory s mnohem větší kapacitou, než při druhých dvou základních zapojeních usměrňovačů. Jednocestné usměrnění používáme proto zásadně pouze tam, kde se vyžaduje velmi malý odběr proudu, nebo u zařízení, u nichž na jakosti vyhlazení nezáleží. Dvoucestný (celovlnný) usměrňovač vyžaduje transformátor s vyvedeným středem sekundárního vinutí, usměrněné pulsující napětí má při síti 50 Hz opakovací kmitočet 100 Hz, dobře se filtruje. Při jednocestném i dvoucestném usměrnění musí mít diody závěrné špičkové napětí nejméně čtyřikrát větší, než je efektivní střídavé napětí, které usměrňují. Je-li tedy efektivní napětí na sekundárním vinutí 12 V (měříme ho např. Avometem na střídavých rozsazích), musí mít diody závěrné špičkové napětí nejméně asi 50 V. U můstkového usměrňovače se čtyřmi diodami mohou však být použity diody pouze s takovým špičkovým závěrným napětím, které je dvojnásobkem efektivního napětí na sekundárním vinutí transformátoru.

Dále si uvedeme, jak lze alespoň přibližně určit vhodnou kapacitu vyhlazovacího kondenzátoru. Nejprve si z napájecího stejnosměrného napětí a z odebíraného proudu vypočítáme odpor, který má zátěž (napájený přístroj). V našem případě při 12 V a 0,5 A je to (z Ohmova zákona) 12/0,5 = 24 Ω. Dále si vypočítáme periodu zvlnění usměrněného napětí, což je reciproká hodnota kmitočtu zvlnění. Kmitočet zvlnění je při celovlnném a můstkovém zapojení 100 Hz, jeho převratná (reciproká) hodnota je tedy 1/100, tj. 0,01 s nebo 10 ms. Kapacita vyhlazovacího kondenzátoru musí mít spolu se zatěžovacím odporem takovou časovou konstantu, která bude alespoň třikrát větší, než je perioda napěťového zvlnění, to jest C = 3 × 10 ms/24 Ω = 1250 μF. Vypočítaná kapacita vyhlazovacího kondenzátoru je nejmenší kapacitou, která by se v praktickém zapojení měla použít.

Neméně důležité než kapacita kondenzátoru je i jeho provozní napětí, které musí být vždy větší, než je špičkové sekundární napětí transformátoru. V našem případě je efektivní sekundární napětí 12,6 V, špičkové je tedy 12,6 × 1,414 = 18 V (součinitel 1,414 je odmocnina ze dvou). Bezpečné jmenovité napětí kondenzátoru by tedy mělo být asi 20 až 25 V.

Takto navržený zdroj má však pro běžné použití několik nevýhod, především tu, že se jeho výstupní napětí bude měnit se změnou odporu zátěže i se změnou vstupního (síťového) napětí. Závislost změn výstupního napětí na odběru proudu při vnitřním odporu zdroje 1 Ω je na obr. 2c. V našem případě (zdroj 12 V) výstupní napětí zdroje bez zátěže závisí především na odporu vinutí transformátoru, *výstupní napětí proto může být až* 18 V, při odběru 500 mA bude asi 16 V (viz obr. 2d). Rozdíl napětí bude tedy asi 2 V. To znamená, že vnitřní odpor zdroje je tedy $R = U/I$ = 2 V/500 mA = 4 Ω. Při výpočtu je pak třeba tento vnitřní odpor vždy uvažovat; v našem případě je k němu třeba přičíst ještě 8 Ω (sériový odpor), abychom u zdroje s napětím naprázdno 18 V dostali požadovaných 12 V při jmenovité zátěži (500 mA). Bude-li zátěž menší než jmenovitá, bude výstupní napětí větší než 12 V.

Aby bylo výstupní napětí konstantní, lze na výstup zdroje připojit Zenerovu diodu (nejjednodušší stabilizace výstupního napětí). Zenerova dioda (podle druhu) dobře stabilizuje výstupní napětí až do toho stavu, kdy je proud do zátěže stejný jako její Zenerův proud (je uveden v katalogu). Proto je vždy třeba, aby proud Zenerovou diodou byl větší než proud odebíraný zátěží. Pro náš případ (proud do zátěže 0,5 A) by byl vhodný proud Zenerovou diodou asi pětkrát větší, než je proud do zátěže, tj. 2,5 A. Protože výkon = proud × napětí, to jest P = 12 V × 2,5 A = 30 W, musela by mít Zenerova dioda dovolenou ztrátu alespoň 30 W. Takové Zenerovy diody jsou velmi drahé, proto tyto prvky používáme převážně pouze pro malé odebírané proudy. Pro náš zdroj např. chceme použít Zenerovu diodu 12 V se ztrátou 1 W. V tom případě ovšem nemůžeme odebírat proud 500 mA, ale např. 80 mA, byl-li by dovolený Zenerův proud diody např. 83 mA. Předřadný odpor v sérii s diodou vypočítáme z Ohmova zákona takto: napětí na elektrolytickém kondenzátoru za usměrňovacími diodami je např. 17 V. Zenerova dioda má Zenerovo napětí 12 V. Rozdíl obou napětí je tedy 5 V. Zenerův proud diody je např. 83 mA. Předřadný odpor tedy bude $R = U/I$ = = 5 V/83 mA = 60,2 Ω. Vzhledem ke kolísání napětí v síti by bylo vhodné zvolit odpor 68 Ω. Výkonová ztráta na sériovém odporu potom je $P = UI$ = 5 V × 83 mA = = 415 mW, odpor by měl být tedy na zatížení nejméně 0,5 W, nejlépe by vyhověl odpor 68 Ω/1 W.

Pro větší odběr proudu je vhodné uspořádání zdroje stabilizovaného napětí na obr. 2f. Tranzistor je zapojen jako emitorový sledovač, který nemá napěťový zisk, zato však zesiluje proud. K návrhu potřebujeme především vědět, jakou výkonovou ztrátu mají mít použité prvky zapojení. Proudové zesílení tranzistoru určuje v tomto případě potřebnou výkonovou ztrátu Zenerovy diody. Je-li např. použita dioda a odpor z obr. 2e a má-li tranzistor proudové zesílení 10, lze z obvodu odebírat proud 830 mA (Zenerův proud × proudové zesílení). Je zřejmé, že čím větší bude proudové zesílení tranzistoru, tím větší proud bude možno odebírat. Výkonovou ztrátu tranzistoru lze pak určit jednoduše ze dvou údajů, z úbytku napětí na tranzistoru a-z maximálního výstupního proudu stabilizátoru. Bude-li na kolektoru tranzistoru např. 16 V, na emitoru (výstup) 12 V, je úbytek napětí na tranzistoru 4 V. Jeho výkonová ztráta při proudu 830 mA je $P = UI$ = 4 V × 0,83 = 3,32 W. Tak tedy vyhoví tranzistor s kolektorovou ztrátou např. 5 W, který opatříme chladičem.

Protože výkonové tranzistory mívají poměrně malé proudové zesílení, lze v tomto typu zapojení použít místo jednoho tranzistoru tzv. Darlingtonovo zapojení se dvěma tranzistory, jehož proudové zesílení je podstatně větší (obr. 2g).

V zapojení podle obr. 2f si můžeme ještě určit potřebný minimální proud báze tranzistoru, chceme-li např. odebírat ze zdroje 500 mA. Má-li tranzistor zesilovací činitel (proudové zesílení) 10, bude potřebný minimální proud báze 500/10 = 50 mA. Vzhledem k bezpečnosti provozu bývá zvykem uvažovat jako základní proud báze dvojnásobek *minimálního proudu báze, v našem* případě tedy 100 mA. Nebude-li tedy výstup stabilizátoru zatížen, poteče tento bázový proud Zenerovou diodou, tu je tedy třeba volit na zatížení U_Z × 100 mA, tj. 12 × 0,1 = 1,2 W. Bude-li však zesilovací činitel tranzistoru dvakrát větší, než jsme uvažovali v prvním případě, tj. 20, bude základní proud báze pouze poloviční, a proto i ztráta Zenerovy diody bude poloviční, tj. 600 mW.

V tomto zapojení (obr. 2f) lze využít ještě jedné „zvláštnosti", a to faktu, že zapojíme-li paralelně k Zenerově diodě elektrolytický kondenzátor, bude napětí na bázi tranzistoru vyhlazeno tak, jako by byl připojen kondenzátor o kapacitě, která se rovná kapacitě použitého elektrolytického kondenzátoru, násobené zesilovacím činitelem tranzistoru. Např. bude-li kapacita kondenzátoru 10 μF a bude-li zesilovací činitel tranzistoru 10, bude se navenek jevit účinek kondenzátoru tak, jako by měl kapacitu 10 × 10 μF, tj. 100 μF (obr. 2g).

K regulaci výstupního napětí lze použít základní zapojení podle obr. 2g (potenciometr paralelně k Zenerově diodě).

Zatím probraná základní zapojení stabilizátorů mají několik nectností, především nereagují na změny vstupního napětí příslušnou změnou výstupního napětí. Proto se přesnější stabilizátory doplňují tzv. zesilovačem chybového napětí. Chybové napětí je napětí, o které se mění výstupní stabilizované napětí zdroje vzhledem ke své jmenovité velikosti.

Jako zesilovač chybového napětí může být použit např. tranzistor v zapojení se společným emitorem (obr. 2h). Přitom tranzistor musí pracovat pouze tehdy, mění-li se výstupní napětí od požadované velikosti. To lze zajistit mnoha způsoby, k nejjednodušším patří způsob na obr. 2h, při němž je v emitoru tranzistoru zapojena Zenerova dioda se Zenerovým napětím shodným s výstupním (požadovaným) napětím.

Potřebný proud báze výkonového tranzistoru lze určit i pro zapojení na obr. 2h shodně jako u obr. 2f. Kolektorový odpor tranzistoru zesilovače chybového napětí musí být tedy určen tak, aby byl zajištěn potřebný proud báze výkonového tranzistoru. Pro vstupní napětí 16 V, výstupní napětí 12 V je tedy třeba jako kolektorový odpor T_1 pro proud báze T_2 25 mA odpor asi 160 Ω, pro proud báze 50 mA asi 80 Ω. Přitom pochopitelně, není-li požadovaný odpor v řadě, můžeme použít větší odpor až asi o 10 i více procent.

K zajištění výstupního napětí co nejstálejší velikosti je třeba, aby měl zesilovač chybového napětí co největší zesílení; i malé odchylky od nastavené velikosti výstupního napětí se pak na výstupu chybového zesilovače projeví jako velká změna jeho výstupního napětí a celý stabilizátor reaguje „ostřeji". Proto se jako zesilovač výstupního napětí používá často Darlingtonův pár tranzistorů, popř. operační zesilovač. Zapojení s operačním zesilovačem je na obr. 2i.

Moderní zdroj se všemi dosud popsanými částmi stabilizátoru (a navíc ještě s obvodem, který omezuje maximální výstupní proud, s tzv. elektronickou pojistkou) je na obr. 2j. Zapojení se skládá ze základního usměrňovače s vyhlazovacím kondenzátorem, z obvodu, omezujícího proud, z výkonového tranzistoru v Darlingtonově zapojení, ze zesilovače chybového napětí a ze zdroje referenčního napětí pro zesilovač chybového napětí.

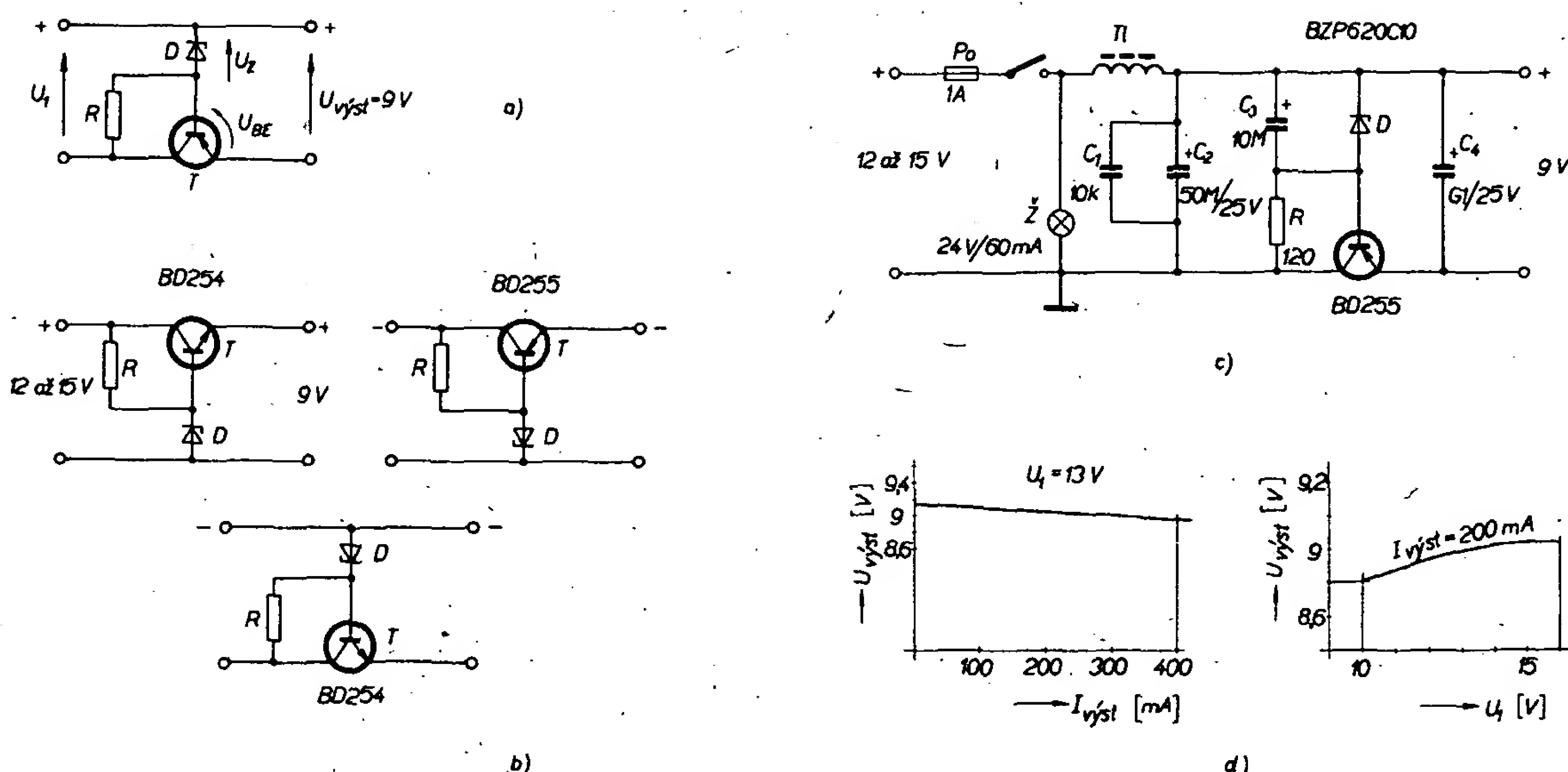
Z článku je zřejmé, jak lze jednoduchým způsobem určit základní prvky nejpoužívanějších obvodů; i když se při výpočtech i v popisu obvodů používají některá zjednodušení, pro praxi je podobné určení prvků zcela vyhovující.

Popular Electronics červen 1975

Stabilizovaný zdroj napájecího napětí pro elektronické spotřebiče v motorových vozidlech

Často se vyskytne potřeba napájet přístroje jako jsou rozhlasové (přenosné) přijímače, magnetofony atd. z akumulátoru motorového vozidla. Protože však většinou není napá*jecí napětí těchto spotřebičů shodné s napě*tím palubní sítě, je třeba toto napětí zmenšit na potřebnou velikost, obvykle 6, 7,5 nebo 9 V. Přitom napětí palubní sítě je u velké většiny osobních aut za provozu 12 až 15 V.

Pro základní úvahu, jak zmenšit napětí palubní sítě na požadovanou velikost, je třeba vycházet z předpokládaného odběru proudu. Běžné tranzistorové přijímače mají za provozu v autě (vzhledem k větší nutné



Obr. 3. Základní zapojení stabilizovaného zdroje (a) a tři možné způsoby zapojení výkonového tranzistoru (b). Schéma zapojení zdroje 9 V/400 mA (c) a jeho charakteristiky (d). Jako Zenerovu diodu lze použít vhodný typ z řady KZZ (podle požadovaného výstupního napětí), tranzistor nemá přesný čs. ekvivalent (na trhu není křemíkový tranzistor p-n-p většího výkonu)

hlasitosti reprodukce) odběr proudu průměrně až 150 mA, kazetové magnetofony až 300 i více mA.

Jako příklad řešení si uvedeme návrh zdroje s výstupním napětím 9 V pro odběr proudu max. 400 mA, který vyhoví pro velkou většinu přístrojů. Základní zapojení zdroje stabilizovaného napětí je na obr. 3a. Základními prvky zdroje jsou výkonový tranzistor a Zenerova dioda. Výkonová ztráta na tranzistoru je v nejhorším případě (tj. pro napětí palubní sítě 15 V):
(15 V − 9 V) × 400 mA = 2400 mW, to je 2,4 W. Použije-li se křemíkový tranzistor BD254 nebo BD255 (polské výroby), zjistíme z katalogu, že nejmenší zesilovací činitel tranzistoru při proudu 400 mA může být asi 40. Potřebný proud báze bude tedy

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21E}} = \frac{400}{40} = 10 \text{ mA}.$$

Napětí báze-emitor křemíkového tranzistoru je vždy asi 0,7 V, proto napětí Zenerovy diody musí být 9 + 0,7 V = 9,7 V. Aby byly splněny pracovní podmínky pro Zenerovu diodu, nesmí být její Zenerův proud menší než 5 mA, proto

$$I_Z = I_B + 5 \text{ mA} = 10 + 5 = 15 \text{ mA}.$$

Na diodě se potom ztrácí výkon $P = I_Z U_Z$ = 15 mA × 9,7 V = 145 mW. Vzhledem k bezpečnosti provozu volíme proto diodu s dovolenou ztrátou nejméně 200 mW (polský typ BZP620C10).

Sériový odpor R vypočítáme ze vztahu

$$R = (U_1 - U_Z)/I_Z = \frac{12 \text{ V} - 9{,}7 \text{ V}}{15 \text{ mA}} = 153{,}3 \ \Omega,$$

volíme nejblíže nižší odpor v řadě, tj. 150 Ω, 0,25 nebo lépe 0,5 W. Typ výkonového tranzistoru (p-n-p nebo n-p-n) zvolíme podle toho, zda má auto na kostře kladný nebo záporný pól akumulátoru. Varianty možného zapojení jsou na obr. 3b.

Realizované zapojení je na obr. 3c. Zdroj byl konstruován především pro kazetový magnetofon MK 125, jehož žádné vnější části nejsou vodivě spojeny se „zemí" přístroje, proto bylo zvoleno zapojení s tranzistorem p-n-p. U takto zapojeného tranzistoru lze navíc využít kostru kterékoli části auta jako chladiče (kolektor je spojen s pouzdrem tranzistoru. Tlumivka a kondenzátory C_1 až C_3 slouží k ochraně před rušením, napájí-li se ze zdroje rozhlasový přijímač. Až na C_3 je lze ze zapojení vypustit, budeme-li ze zdroje napájet pouze kazetový magnetofon.

Použije-li se místo Zenerovy diody s napětím 9,7 V dioda s patřičně menším napětím, lze na výstupu zdroje získat napětí 6, popř. 7,5 V. V obou případech se však zvětší výkonová ztráta tranzistoru.

Tlumivka je navinuta na feritovém hrníčkovém jádru polské výroby a má indukčnost asi 5 mH, použitý drát má průměr 0,4 mm, počet závitů je 100. Tranzistor je upevněn na chladiči o rozměrech asi 85 × 55 × 50 mm (deska z hliníkového plechu). Činnost přístroje signalizuje žárovka Ž.

Závislosti výstupního napětí na odebíraném proudu a na vstupním napětí jsou na obr. 3d.

Radioamator i krótkofalowiec č. 2/1976

Stabilizovaný zdroj pro výstupní napětí obojí polarity

K napájení lineárních integrovaných obvodů je v některých případech (především u integrovaných operačních zesilovačů) třeba zdroj s výstupním napětím obojí polarity, tj. s kladnou i zápornou napájecí větví.

Obvod, jehož schéma je na obr. 4, umožňuje při vstupním napětí 10 až 40 V získat výstupní napětí obojí polarity v mezích 5 až 20 V. V zapojení jsou použity odpory s jednoprocentní tolerancí, pro menší nároky lze však použít odpory s tolerancí 5 % (nejbližší hodnoty z normalizované řady).

Požadované výstupní napětí lze nastavit tak, že se připojí dva stejné odpory v sérii na výstupy kladné a záporné větve. Mezi spoj těchto odporů a společný vývod zdroje (zem) se připojí citlivý voltmetr. Trimrem v bázi tranzistoru T_1 se nastaví nula voltmetru. Pak je za provozu v obou větvích zdroje stejné napětí, ovšem opačné polarity.

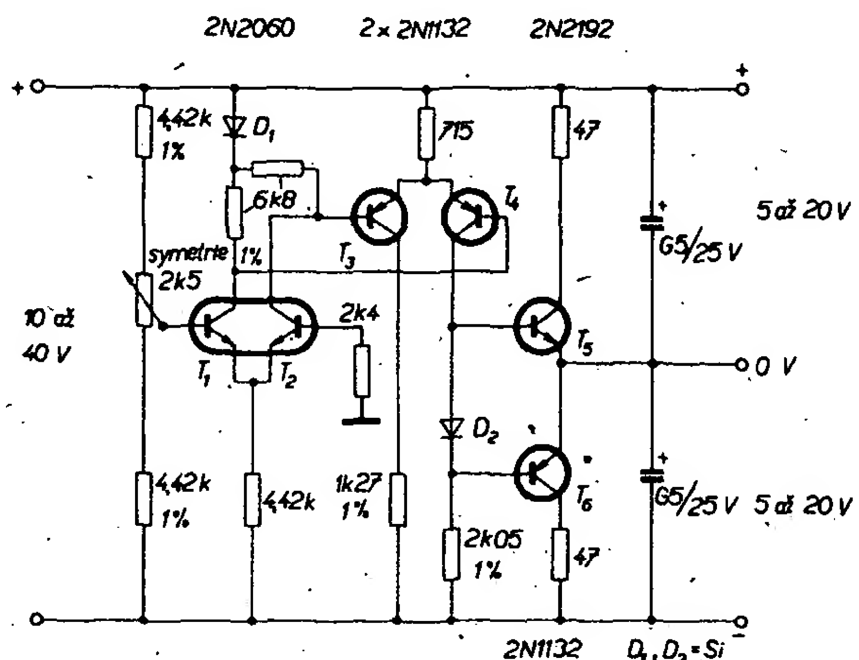
Je samozřejmé, že výstupní napětí se mění podle velikosti vstupního napětí.

Tranzistory T_1 a T_2 jsou ve společném pouzdru a zabezpečují souměrnost výstupního napětí spolu se stejnými odpory vstupního děliče (4,42 kΩ). Díky souměrnosti zapojení je proud tranzistory T_4 a T_5 poměrně malý. Bude-li zdroj nastaven tak, že napětí jedné polarity bude větší než druhé, je třeba oba koncové tranzistory chladit, popř. použít výkonové typy.

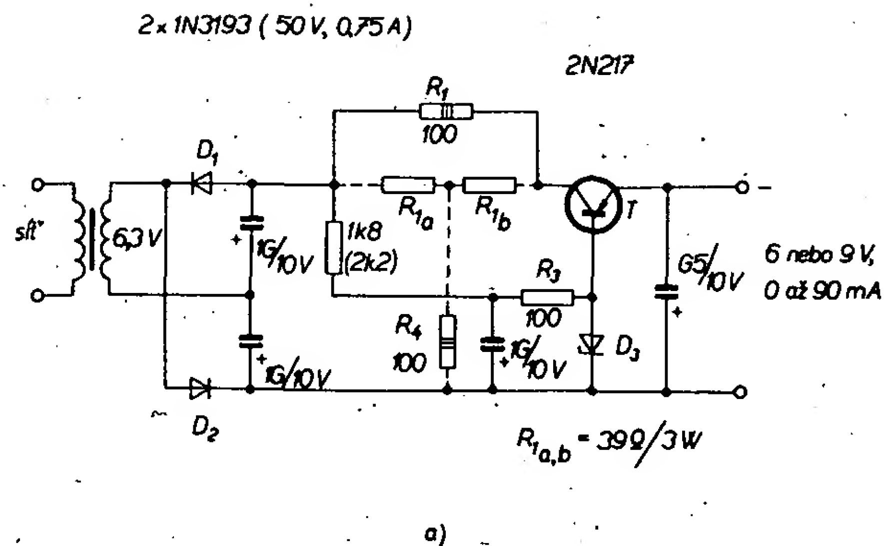
Místo T_1 a T_2 lze použít dva tranzistory KC508 v jednom pouzdru.

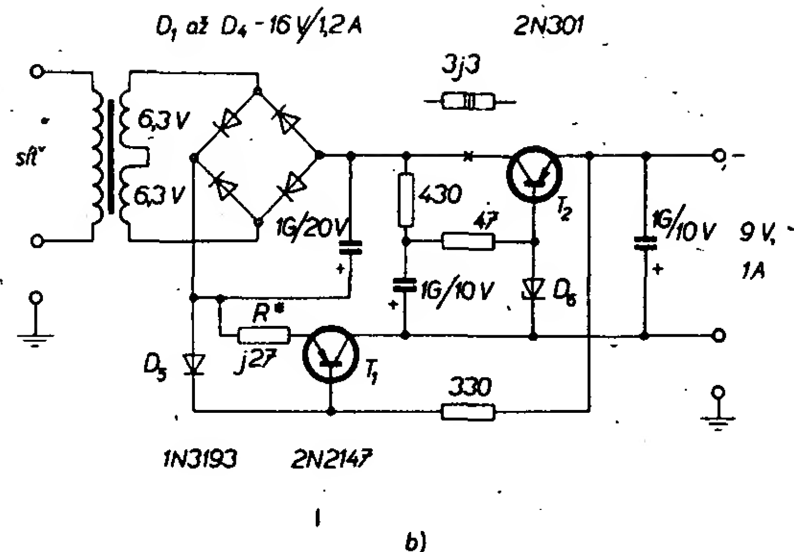
Tranzistory T_3 a T_4 stejně jako T_5 a T_6 je třeba párovat tak, aby při použitém napájecím napětí měly jejich parametry shodu alespoň na 5 %.

Radio-Electronics červen 1974



Obr. 4. Stabilizovaný zdroj se souměrným výstupním napětím. Tranzistory p-n-p lze nahradit typy KFY16 či KFY18, 2N2192 typem KF506 až KF508, popřípadě KFY36 (KFY48)





Obr. 5. Napájecí síťové zdroje. Zdroj pro přístroje s odběrem proudu do 90 mA (a). Diodu D_3 volíme podle požadovaného výstupního napětí: U_z bude 6 V, volíme-li výstupní napětí 6 V, U_z bude 9 V, volíme výstupní napětí 9 V. Zdroj pro přístroje s odběrem proudu do 1 A je na obr. 5b. Pro výstupní napětí 6 V je třeba do série s emitorem T_2 vložit odpor 3,3 Ω/3 W a místo 430 Ω použít odpor 680 Ω. Odpor R je třeba zvolit tak, aby pojistka spolehlivě pracovala při odběru proudu větším, než asi 1,2 A*

Síťové napáječe s výstupním napětím 6 nebo 9 V

Velká většina tranzistorových přijímačů, kazetových magnetofonů a podobných přístrojů je napájena z baterií o napětí 6 nebo 9 V. Chceme-li je napájet ze sítě, bývá obvykle největším problémem, jak sehnat nebo zhotovit vhodný síťový transformátor.

Výhodným řešením je použít jakýkoli transformátor ze starých elektronkových přístrojů, který má vinutí pro žhavení elektronek. Takové transformátory se často seženou i ve výprodeji, kromě žhavicího vinutí 6,3 V mívají i další žhavicí vinutí, většinou buď 5 V, nebo opět 6,3 V.

Zapojení zdroje s takovými transformátory je na obr. 5a a 5b. Zdroj na obr. 5a umožňuje při výstupním napětí 6 nebo 9 V odběr proudu asi do 100 mA. Diody D_1 a D_2 jsou zapojeny jako zdvojovač napětí, mohou být použity libovolné křemíkové diody pro napětí asi 50 V s dovoleným proudem v propustném směru asi 300 až 500 mA. Zapojení je tzv. regulátor (nebo stabilizátor) se sériovým výkonovým tranzistorem, jeho výstupní napětí je zhruba stejné jako Zenerovo napětí diody, která je zapojena v bázi tranzistoru. Proto při požadovaném výstupním napětí 6 V použijeme Zenerovu diodu se Zenerovým napětím 6 V, pro 9 V se Zenerovým napětím 9 V. Pro zapojení se Zenerovou diodou s napětím 9 V platí zapojení, kreslené plnými čarami, pro diodu se Zenerovým napětím 6 V nahradíme odpor R_1 odpory R_{1a} a R_{1b}, dále přidáme odpor R_4 – úpravy jsou na obr. 5a nakresleny přerušovanou čarou.

Zvlnění výstupního napětí je menší než 0,5 mV. Odpor R_1 chrání výkonový tranzistor před zničením při zkratu nebo přetížení na výstupu. Odpor je zvolen tak, aby maximální výstupní proud byl asi 150 mA, a to i při plném zkratu na výstupu.

Zapojení na obr. 5b je navrženo pro výstupní napětí 6 nebo 9 V a pro maximální výstupní proud 1 A. Zvlnění výstupního napětí je při odběru proudu 1 A menší než 10 mV, pro menší výstupní proudy je mnohem menší. Efektivní stejnosměrný odpor zdroje (vnitřní odpor) je menší než 0,4 Ω, výstupní impedance je dána kapacitou výstupního kondenzátoru (1000 μF).

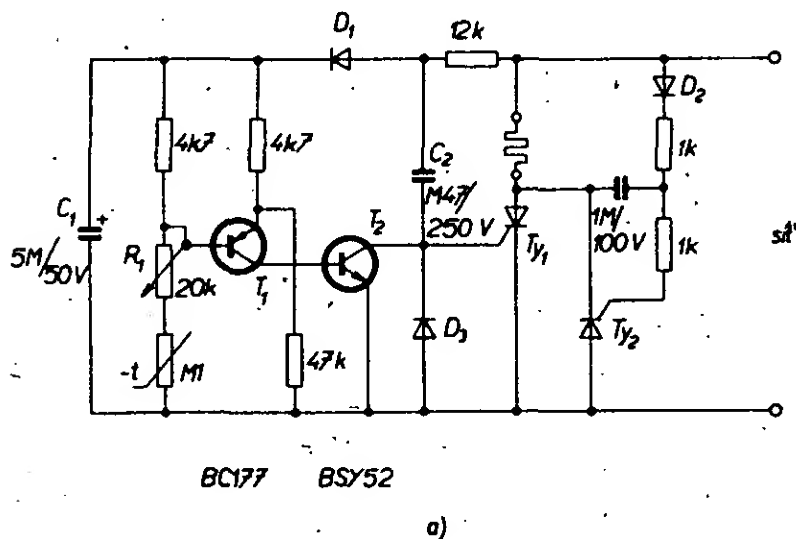
Tranzistor T_1 zdroje pracuje jako elektronická pojistka. Při odběru proudu do 1 A má tranzistor takové předpětí, že je v saturaci, proto je jeho efektivní odpor velmi malý. Zvětší-li se výstupní proud nad zvolenou velikost (tj. asi nad 1 až 1,1 A), změní se předpětí tranzistoru tak, že se tranzistor uzavře. To se navenek projeví tak, že se tranzistor může přirovnat k rozpojenému spínači, který přeruší jednu z větví výstupního napětí. Proud, při němž má zdroj „vypnout", se nastavuje změnou odporu 0,27 Ω v emitoru tranzistoru T_1.

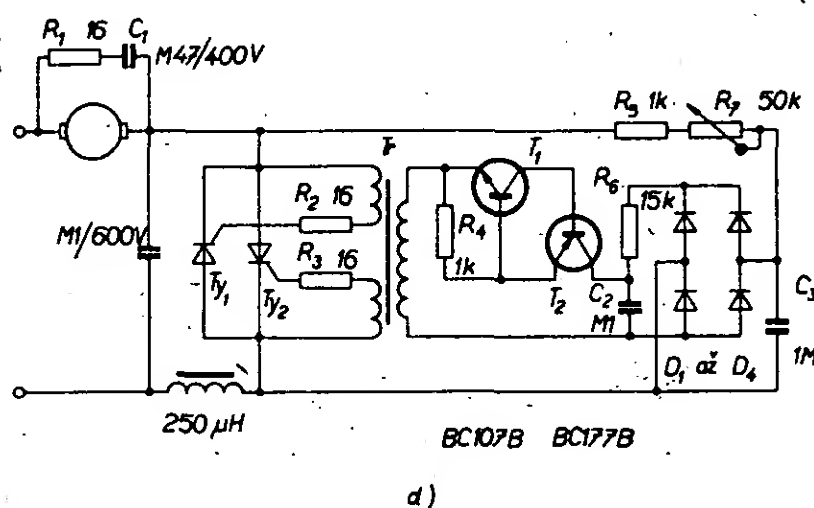
Jako usměrňovací diody lze na obr. 5b použít jakékoli křemíkové nebo germaniové diody se závěrným napětím asi 20 V pro proud 2 až 3 A.

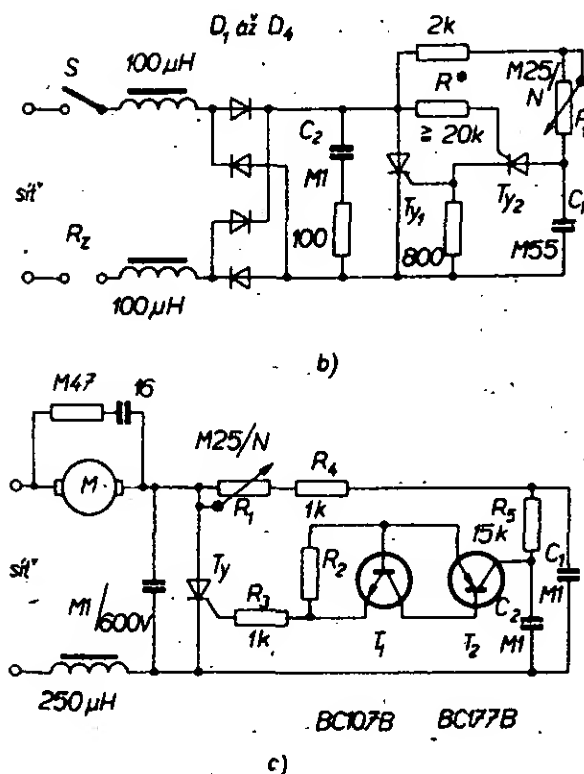
Electronics Australia prosinec 1974

Příklady konstrukcí s tyristory polské výroby

Polský elektronický průmysl vyrábí množství tyristorů, jejichž parametry byly uveřejněny v polském časopisu Radioamator i krót-







Obr. 6. Zapojení s tyristory polské výroby; a – regulátor teploty. Termistor má odpor 100 kΩ při teplotě 20 °C, tranzistor T_1 je typu p-n-p, lze ho nahradit typem KFY18 (nebo KFY16), T_2 je spínací tranzistor n-p-n, podobný typu KSY34, diody D_1 a D_2 jsou křemíkové diody (polské označení BYP401-100), lze je nahradit typem KY703 nebo KY704, D_3 je typu BAP619, lze ji nahradit např. typem KA503. Tyristory jsou typu BTP2/400, popř. pro větší spínané výkony BTP7/400, tj. mají závěrné napětí 400 V a lze jimi spínat proudy 2 A, popř. 7 A, b – regulátor výkonu. Diody v můstku mají závěrné napětí 400 V, maximální proud je 100 mA, tyristor Ty_2 (BTP2/25) má závěrné napětí 25 V a dovolený proud až 2 A, Ty_1 má závěrné napětí 400 V a maximální proud (podle typu) až 10 A, c – regulátor rychlosti otáčení motorků o výkonu maximálně 450 W; tranzistor BC107B lze nahradit typem KC507; tranzistor BC177B je doplňkový typ p-n-p k tranzistoru KC507 (není u nás na trhu), tyristor je pro napětí 400 V a proud 3 A, d – celovlnný regulátor rychlosti otáčení motorků (s impulsním transformátorem), transformátor je na jádru EI36, primární vinutí má 200 z drátu o ∅ 0,2 mm CuL, sekundární 2 × 180 z stejného drátu

kofalowiec č. 12/1975. V prvním čísle letošního ročníku byly základní údaje doplněny několika zajímavými aplikacemi různých typů tyristorů v běžných i méně běžných zapojeních. Pro toto číslo AR-B jsme vybrali několik u nás zatím méně publikovaných typů zapojení.

Na obr. 6a je zapojení k regulaci teploty. Jako možné způsoby použití uvádí autor regulaci teploty elektrických podušek, nádob s nápoji pro nemluvňata, vzduchu elektrických vysoušečů vlasů apod. Regulace je možná v mezích 0 až 90 °C.

Čidlem, snímajícím a reagujícím na teplotu je termistor v bázi tranzistoru T_1. Vyhřívací těleso hřeje pouze tehdy, vede-li tyristor Ty_1. Po dobu průtoku proudu tyristorem Ty_1 se současně přes diodu D_2 nabíjí kondenzátor 1 μF, jeho náboj způsobí, že v určitém okamžiku povede i tyristor Ty_2.

Obvod s oběma tranzistory je napájen stejnosměrným napětím, které se získá usměrněním střídavého napětí a jeho vyhlazením kondenzátorem (D_1, C_1). Teplota, při níž se uvádí tyristor Ty_1 a následně i tyristor Ty_2 do nevodivého stavu, se volí nastavením potenciometru (proměnného odporu) R_1.

Na obr. 6b je tyristorový výkonový regulátor. Lze ho používat k regulaci činné (odporové) zátěže, popř. i k regulaci rychlosti otáčení kolektorových motorků. Podle typu použitého tyristoru Ty_1 lze regulovat zátěže od 400 do 2000 W.

Obvody vlastního regulátoru jsou napájeny stejnosměrným napětím, získaným usměrněním síťového napětí Graetzovým usměrňovačem. Činnost tyristoru se ovládá fázovacím článkem P_1, C_1. Náboj kondenzátoru C_1 ovládá přes tyristor Ty_2 otevírání a zavírání tyristoru Ty_1. Spínání tyristoru Ty_1 se řídí nastavením potenciometru (proměnného odporu) P_1. Tyristor Ty_2 má závěrné napětí alespoň 80 V. Odpor R v jeho řídicí elektrodě je třeba vybrat experimentálně (měl by být větší než asi 20 kΩ).

Zapojení na obr. 6c a 6d slouží k regulaci rychlosti kolektorových motorků, lze je však použít i jako stmívače apod. Se součástkami podle obr. 6c lze regulovat rychlost otáčení motorků do příkonu asi 450 W; regulace je možná v mezích 30 až 170 °, v zapojení na obr. 6d lze regulovat rychlost motorků též do příkonu 450 W, regulace je možná v mezích 30 až 170°.

V zapojení na obr. 6c se proud tyristorem a tím i rychlost otáčení motorku řídí velikostí časové konstanty článku (R_1 + R_4) C_1. Tyristor se otevírá a zavírá přes dvojici doplňkových tranzistorů T_1 a T_2.

Rychlost otáčení motoru na obr. 6d závisí na časové konstantě článku R_7C_3. Obvod se dvěma tranzistory a transformátorem vytváří impulsy, které otevírají tyristor. Impulsy mají délku asi 10 ms. Impulsní transformátor umožňuje řídit jedním signálem na primární straně dva tyristory tak, že regulace probíhá v obou půlvlnách střídavého proudu (na rozdíl od zapojení na obr. 6c, u něhož jde o regulaci jen v jedné půlvlně střídavého proudu).

Radioamator i krótkofalowiec č. 1/1976

„Multinabíječ" baterií

Popisovaný nabíječ uhlíkozinkových baterií může nabíjet současně až čtyři různé baterie (odtud též název „multinabíječ", jde o přesný překlad z originálu – multicharger). O dobíjení běžných baterií bylo před časem napsáno poměrně velké množství článků, z nichž jednoznačně vyplynul jeden závěr – dobíjí-li se baterie během své doby života (tj. v době, kdy spotřebič, v němž jsou použity, nepoužíváme), velmi podstatnou měrou se prodlužuje doba, po níž mají jmenovité provozní napětí. Je však třeba upozornit, že jejich nabíjení je neúčinné, jsou-li zcela vybity.

Nabíječ na obr. 7c se skládá z můstkového usměrňovače, dvou křemíkových diod, šesti odporů a potenciometru, tranzistoru a monolitického pětitranzistorového obvodu. Srdcem přístroje je zdroj konstantního proudu, jehož dvě verze jsou na obr. 7a, b. Je-li napájecí napětí $+U$ konstantní, teče proud (v zapojení v obr. 7a) diodami a odporem R_2 a v bodu X je určité referenční napětí. Toto referenční napětí je samozřejmě menší, než napětí $+U$. Tranzistor je ve vodivém stavu a měřidlem lze měřit jeho kolektorový proud. Proud tranzistorem lze měnit nastavením proměnného odporu v emitoru. Čím větší bude mít tranzistor proudový zesilovací činitel, tím větší změna proudu bude odpovídat stejné změně nastavení proměnného odporu.

Podobný zdroj konstantního proudu je na obr. 7b. Je-li referenční proud I_{ref} přiveden současně na bázi i na kolektor T_2, protéká tranzistorem a odporem R_3, přičemž na odporu způsobuje úbytek napětí, stejně jako na přechodu báze-emitor T_2. Toto napětí (tj. úbytek napětí na odporu R_3 a na přechodu B-E) má stejný význam pro činnost obvodu, jako napětí v bodu X v levé polovině obr. 7a. Mají-li tranzistory T_2 a T_3 shodné vlastnosti a má-li R_4 poloviční odpor R_3, bude tranzistor T_3 zdrojem konstantního proudu, jehož velikost bude $2I_{ref}$. Tohoto jevu se využilo při konstrukci nabíječe – proto byl jako jeden z prvků nabíječe zvolen monolitický obvod s pěti tranzistory, u něhož je zaručena stejná jakost všech pěti tranzistorů a s nímž lze dosáhnout kompaktnosti konstrukce.

Odpory v emitorech tranzistorů jsou zvoleny tak, aby konstantní proud na jednotlivých výstupech nabíječe byl postupně 2, 5, 10 mA; poslední výstup slouží k nabíjení, lépe řečeno, k dobíjení destičkových baterií 9 V. Nabíjecí proud je asi 1 mA.

Výstupní proud (nabíjecí) má pulsující průběh; všeobecně se uvádí, že k nabíjení i k dobíjení jakýchkoli baterií je pulsující proud mnohem výhodnější než dobře vyhlazený stejnosměrný proud.

Přístroj se nastavuje tak, že se připojí k výstupu pro nabíjení baterií 9 V miliampérmetr a proměnným odporem R_1 se nastaví proud 1 mA.

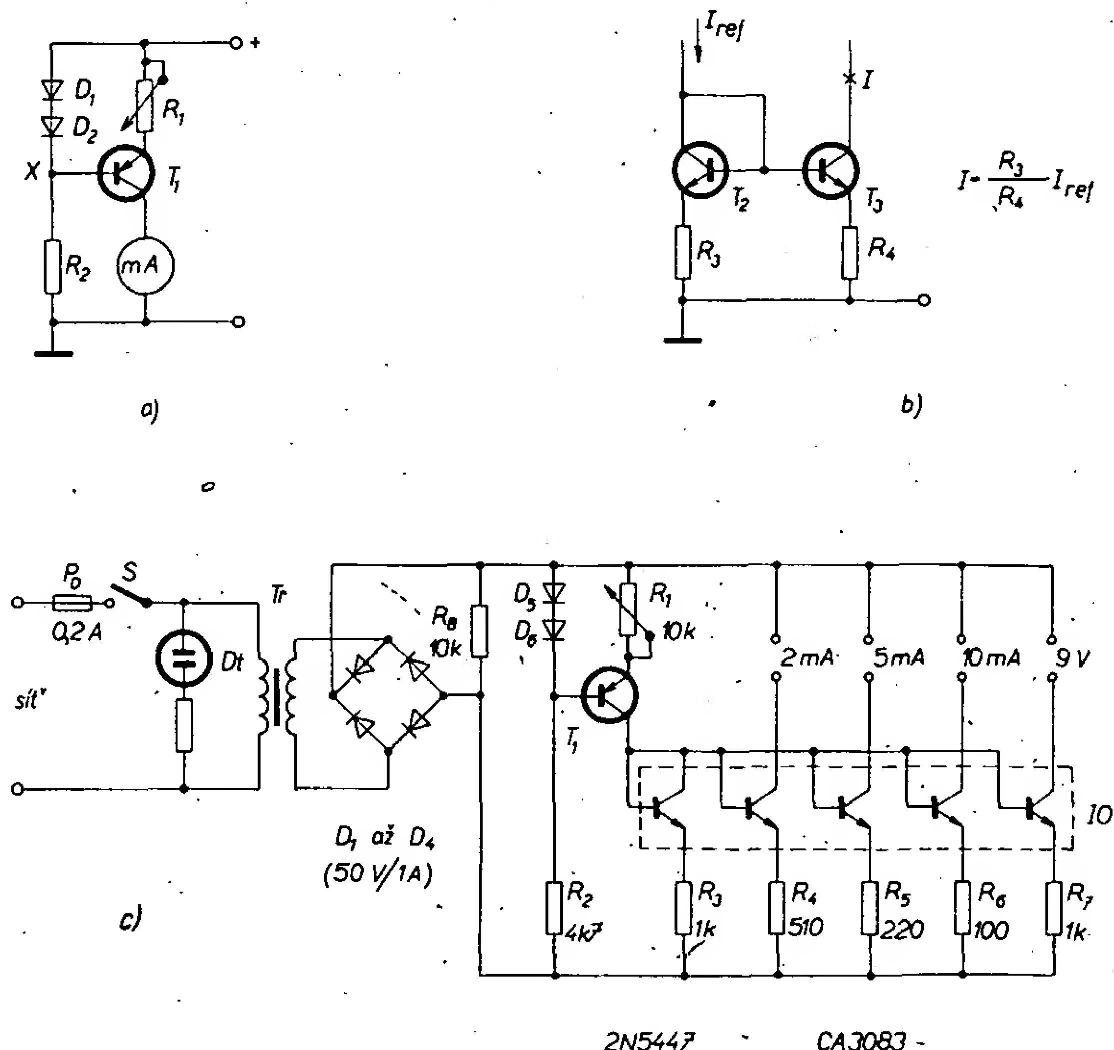
Tranzistory, jimiž bychom chtěli nahradit monolitický obvod, by musely být párovány, nejlépe v pracovním bodu asi 10 V a 2 mA, pak lze použít uvedené emitorové odpory. V opačném případě by bylo nutné emitorovými odpory nastavovat výstupní proud pro každý z výstupů individuálně.

Popular Electronics únor 1976

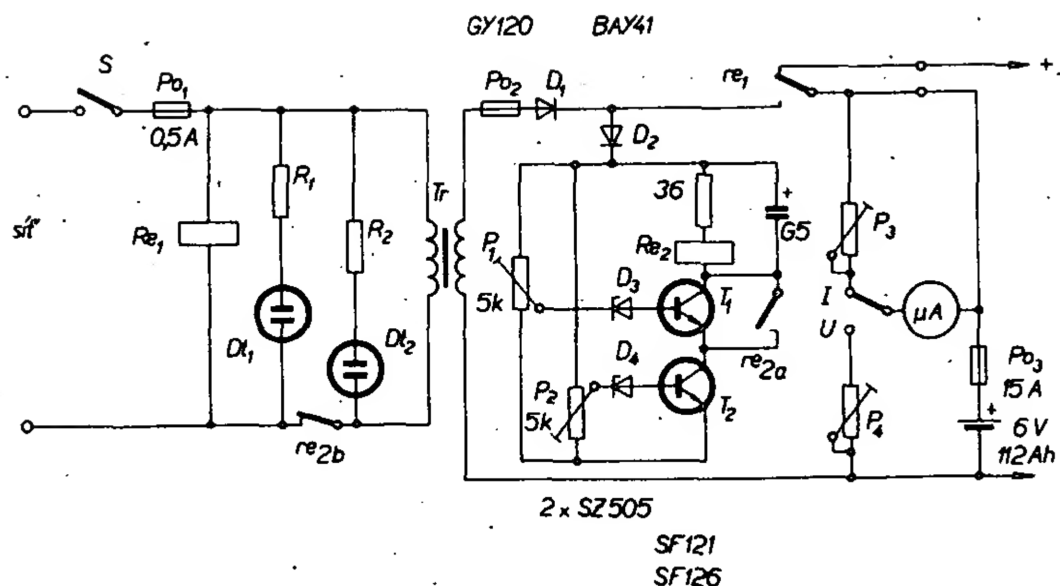
Samočinné dobíjení baterií pro nouzové osvětlení

Na exponovaných pracovištích, avšak také v domácnostech je vhodné mít při výpadku sítě k dispozici zdroj elektrické energie, který by zajistil možnost např. osvětlovat schodiště, pracoviště, udržovat v chodu hlásicí a poplachová zařízení apod. K těmto účelům je vhodný např. akumulátor s velkou kapacitou. Akumulátor je však třeba stále udržovat v pohotovostním stavu, tj. musí být stále dobíjen tak, aby měl jmenovitou kapacitu. Zařízení na obr. 8 je řešeno tak, že se jednak při výpadku sítě samočinně připojí akumulátor k rozvodu nouzového proudu, a jednak se při přítomnosti síťového napětí akumulátor neustále podle potřeby samočinně dobíjí. Zařízení bylo navrženo pro akumulátor 6 V, lze samozřejmě použít i akumulátory s jiným napětím (po změně součástek).

Zapojení je tak jednoduché, že je si třeba všimnout pouze několika detailů. Především je třeba nepřemosťovat kontakt relé re_{2b} kondenzátorem, neboť pak by svítily nepřetr-



Obr. 7. Univerzální nabíječ; a – referenční napětí v bodu X má za následek konstantní proud tranzistorem, jeho velikost lze nastavit proměnným odporem v emitoru a měřit měřidlem v sérii s kolektorem tranzistoru, b – výstupní proud tranzistoru závisí na referenčním proudu a na velikosti R_3, R_4, c – obvody podle a) a b) tvoří univerzální nabíječ. Diody D_1 a D_2 jsou libovolné křemíkové diody (např. typu KA50.), T_1 je křemíkový tranzistor p-n-p přibližná náhrada KF517), IO_1 je integrovaný obvod, který by bylo možno nahradit 5 diskrétními křemíkovými tranzistory n-p-n stejných parametrů, např. typu KF506 nebo KC508 (KC148), diody v můstku jsou na napětí 50 V a pro proud asi 1 A (z našich např. KY702, KY703), transformátor má sekundární vinutí 12,6 V/100 mA



Obr. 8. Samočinné ovládání nouzového zdroje proudu při výpadku sítě

žitě kontrolní doutnavky, indikující přítomnost sítě a dobíjení akumulátoru (Dt_1 a Dt_2). Relé Re_1 je pro napětí 220 V s robustními kontakty, relé spíná při výpadku sítě, nebo po vypnutí spínače *S* odpojuje akumulátor od nabíječe k rozvodu nouzového proudu.

Obvod automatiky je upravený obvod z [1], který pracuje tak, že po překročení určitého nastaveného napětí sepne relé Re_2. Relé ve vzorku bylo typu pro napětí 4 V, odpor cívky 42 Ω, do série s odporem vinutí relé je zapojen ještě odpor, který zabraňuje překročení povolené kolektorové ztráty použitého tranzistoru. Kondenzátor 500 μF paralelně k vinutí relé prodlužuje dobu reakce změny stavu kontaktů relé (aby relé nepřepínalo při velmi krátkých změnách síťového napětí). Měřidlo slouží ke kontrole napětí akumulátoru a nabíjecího, příp. vybíjecího proudu akumulátoru. K měření vybíjecího proudu lze použít spád napětí na zátěži, pak není třeba měřidlo přepólovávat.

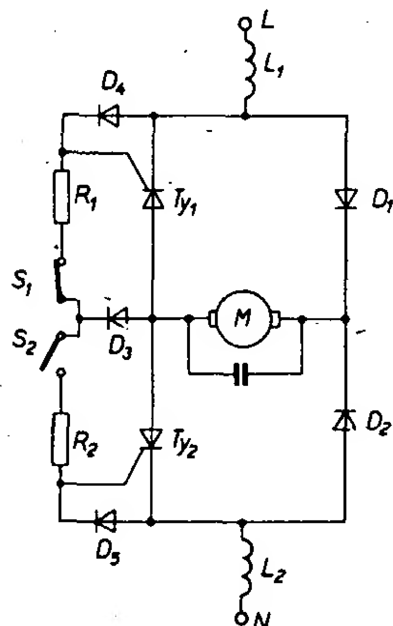
Při uvádění do chodu se nastaví P_1 tak, aby se tranzistor T_1 otevřel při napětí 7,9 až 8,1 V (konečné napětí při nabíjení). Potenciometr (trimr) P_2 je třeba nastavit tak, aby se tranzistor T_2 uvedl do nevodivého stavu při napětí asi 5,8 V. Až do tohoto napětí zabraňuje samodržný kontakt re_{2a} relé Re_2 odpadnutí relé Re_2.

Automatiku je třeba nastavovat velmi pečlivě, neboť na její správné činnosti závisí správná činnost celého přístroje.

Na závěr článku autor píše, že zařízení sloužilo přes 18 měsíců bez poruchy.

[1] *Schuchardt, B.; Sterzel, P.:* Nabíječ pro akumulátory s vypínací automatikou. Funkamateur č. 18/1969.

Funkamateur č. 12/1974



Obr. 9. Obvod k reverzaci směru otáčení univerzálního motorku

Reverzace směru otáčení univerzálních motorů

Univerzální motory jsou obvykle tzv. sériového typu, u nichž je třeba pro obrácení směru otáčení obrátit smysl magnetického pole cívek vzhledem k poli kotvy. Vinutí těchto motorů má obvykle dvě cívky, propojené uvnitř motoru; spoj obou cívek je třeba rozpojit a vyvést vně motoru. Cívky je pak třeba zapojit podle obr. 9 mezi napájecí vedení a zem (napájecí vedení L, zem N, cívky L_1 a L_2). Kotva motoru je zapojena do obvodu regulovatelného můstkového usměrňovače; ve dvou větvích můstku jsou běžné usměrňovací diody, v dalších dvou větvích jsou zapojeny tyristory.

Spínače S_1 a S_2 určují, který z obou tyristorů povede, bude-li mít jeho řídicí elektroda správné předpětí. Je-li sepnut spínač S_1, bude se proud v cívkách L_1 a L_2 motoru měnit od nuly do maximální záporné velikosti (motor je tedy napájen jen při záporné polovině střídavého napájecího napětí, půlvlnně). Je-li sepnut spínač S_2, je motor napájen proudem od maximální velikosti do nuly, kladnou půlvlnou střídavého napětí. Protože proud kotvou protéká vždy zprava doleva (při zapojení podle obr. 9), mění se při přepínání spínačů vzájemný vztah mezi magnetickým polem cívek L_1 a L_2 a polem kotvy.

Startovací proud při půlvlnném napájení je pětkrát větší než jmenovitý zatěžovací proud. Předpokládá-li se však provoz motoru po krátkou dobu (např. při otáčení antény), není třeba umisťovat použité součásti (diody a tyristory) na chladiče.

V originálním zapojení použil autor tyto polovodiče: D_4 a D_5 jsou křemíkové diody na malé napětí, D_3 je na napětí asi 400 V (použije-li se motorek napájený ze sítě).

Wireless World č. 1483 (březen) 1976

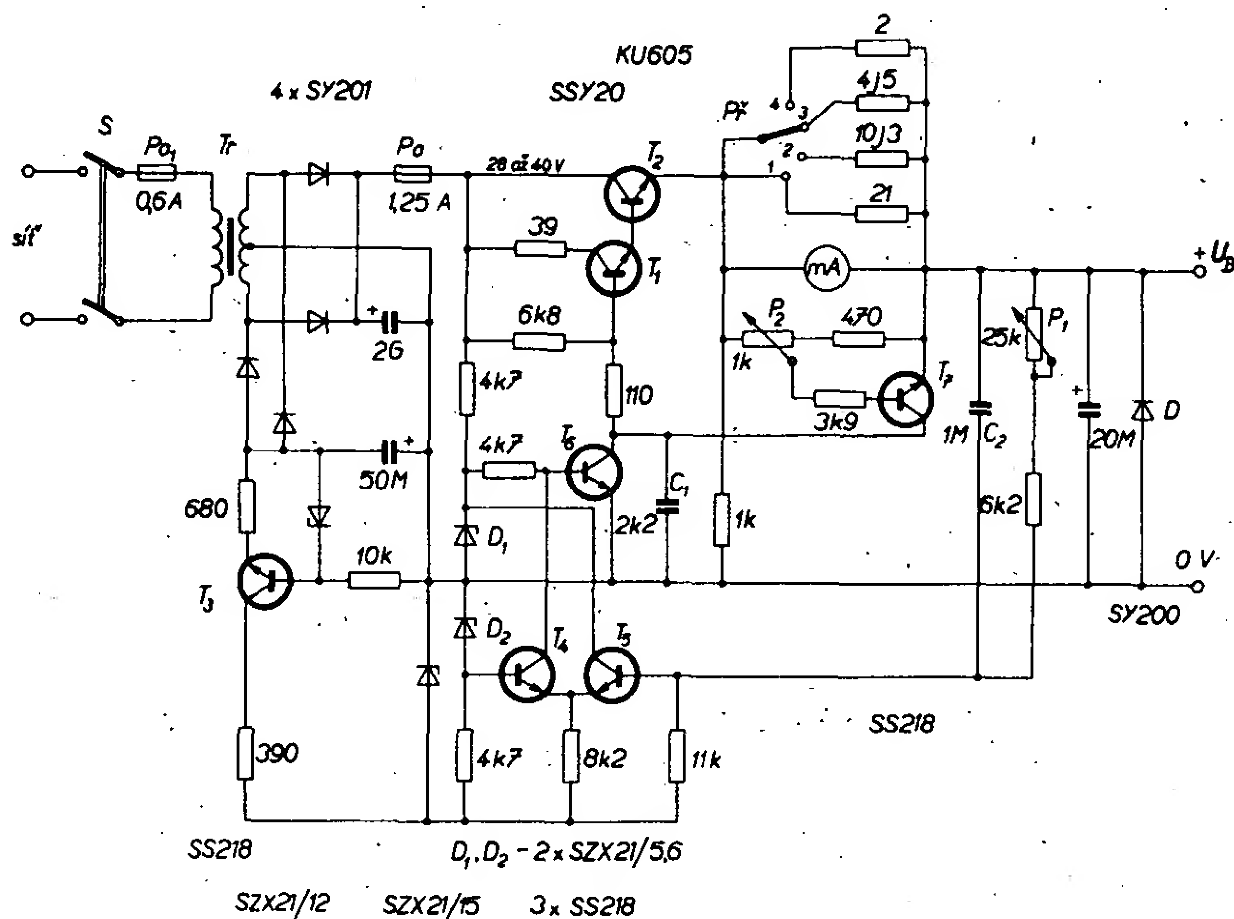
Elektronicky stabilizovaný síťový zdroj

Stabilizovaný síťový zdroj na obr. 10 poskytuje na výstupu konstantní, stabilizované napětí o velikosti podle polohy proměnného odporu (potenciometru) P_1. Výstupní napětí lze měnit v rozmezí asi 0,5 až 20 V při maximálním odběru proudu asi 1 A.

Zapojení je zkratuvzdorné. Bude-li výstupní proud větší než odpovídá nastavení potenciometru P_2, zmenší se na velikost, danou nastavením P_2.

Činností tranzistoru T_3 se získává ze záporného pomocného napětí konstantní „pomocný" proud, a to asi 15 mA. Proud se přivádí na tranzistory T_4 a T_5, zapojené jako diferenciální zesilovač. Napětí na bázi tranzistoru T_4 je konstantní a je asi −5,6 V. Napětí na bázi tranzistoru T_5 se mění podle nastavení proměnného odporu P_1, tím se mění i rozdělení celkového proudu diferenciálním zesilovačem na oba tranzistory. Změny kolektorového proudu tranzistoru T_4 budí přes tranzistor T_6 Darlingtonovu dvojici výkonového stupně zdroje, tj. tranzistory T_1 a T_2. Tak lze změnou nastavení proměnného odporu P_1 měnit výstupní napětí v mezích 0,5 až 20 V.

Aby se zabránilo zničení tranzistorů výkonového stupně při přetížení zdroje, byla do zdroje vestavěna i elektronická pojistka. Maximální zatěžovací proud lze nastavit potenciometrem P_2 v rozmezí 0 až 1 A. Bude-li výstupní proud odpovídat nastavené velikosti, nebo bude-li větší, otevře se částečně nebo zcela tranzistor T_7. Tím se zmenší napětí



Obr. 10. Stabilizovaný regulovatelný zdroj s výstupním napětím 0,5 až 20 V s možností omezit výstupní proud na požadovanou velikost po stupních 0,1, 0,2, 0,5 a 1 A

báze-emitor tranzistoru T_1, výstupní napětí se bude zmenšovat a zmenšovat se bude i výstupní proud.

Kondenzátor C_1 slouží k potlačení náchylnosti síťového zdroje k vf kmitání; nebezpečí rozkmitání hrozí především při uvedení elektronické pojistky v činnost, nebo při jejím vypnutí. Kapacitu tohoto kondenzátoru je třeba dodržet a není možno použít elektrolytický kondenzátor.

Maximální výstupní proud lze hrubě po stupních nastavit přepínačem *Př*. S uvedenými odpory jsou stupně 0,1 A, 0,2 A, 0,5 A a 1 A. Uvnitř těchto intervalů lze výstupní proud nastavit potenciometrem P_2.

Měřicí přístroj paralelně k přepínači *Př* slouží k indikaci odebíraného proudu.

Dioda na výstupu zdroje zabraňuje poškození zdroje při jeho připojení k obvodu s napětím. Kondenzátor C_2 slouží ke zlepšení dynamického řídicího rozsahu zdroje.

Na tranzistoru T_2 může vzniknout za nejnepříznivějších podmínek výkonová ztráta asi 40 W. K odvedení přebytečného tepla je třeba tranzistor umístit na chladič s teplotním odporem lepším než 1,5 stupně K/W.

Bude-li mít tranzistor T_2 proudový zesilovací činitel např. lepší než 15 při kolektorovém proudu 1 A a při napětí kolektor-emitor menším než 20 V, může na tranzistoru T_1 vzniknout výkonová ztráta maximálně 2,51 W. V takovém případě je třeba umístit tranzistor T_1 na chladič s teplotním odporem lepším než 10 stupňů K/W.

Základní technické údaje zdroje jsou:
výstupní napětí: 0,5 až 20 V,
výstupní proud: maximálně 1 A,
pojistka: přepínatelná po skocích 0,1 A, 0,2 A, 0,5 A a 1 A,
brumové napětí při výstupním proudu 1 A: menší než 20 mV.

RFT electronic Halbleiter-Schaltbeispiele

Integrované stabilizátory napětí

V zahraničí se čím dále, tím častěji objevují integrované obvody, které jsou určeny do napájecích zdrojů, a které mají konstantní výstupní napětí (pevné, neměnné). Tyto obvody mají tu výhodu, že k jejich aplikaci není třeba žádných dalších součástek (většinou), popř. se počet nutných součástek vzhledem k běžným stabilizátorům podstatně redukoval. Pro zajímavost jsou v tab. 1 uvedeny integrované stabilizátory s pevným výstupním napětím, které se používají nejčastěji. Jde vesměs o výrobky zahraničních firem, které nejsou u nás dostupné.

V případě potřeby lze výstupní proud stabilizátorů, v nichž jsou uvedené integrované obvody, samozřejmě zvětšit výkonovými tranzistory (jako např. u tuzemského integrovaného stabilizátoru MAA723).

Funktechnik č. 21/1975

Tab. 1. Vybrané integrované stabilizátory napětí s konstantním a neměnným výstupním napětím

Výrobce	Typ	Vstupní napětí [V]	Výstupní napětí [V]	Max. proud [A]	Ztráta [W]	Vnitřní odpor [mΩ]
Motorola	MC7805C	7 až 35	5	1,5	15	30
	MC7806C	8 až 35	6	1,5	15	35
	MC7808C	10,5 až 35	8	1,5	15	40
	MC7812C	14,5 až 35	12	1,5	10	75
	MC7815C	17,5 až 35	15	1,5	10	95
	MC7818C	21 až 35	18	1	10	110
	MC7824C	27 až 40	24	1	10	150
	MC7902C	−10	−2	1	10	–
	MC7905C	−10	−5	1	10	–
	MC7906C	−11	−6	1	10	–
	MC7908C	−14	−8	1	10	–
	MC7912C	−19	−12	1	10	–
	MC7915C	−23	−15	1	10	–
	MC7918C	−27	−18	1	10	–
	MC7924C	−33	−24	1	10	–
	MC1468	±30	±15	0,1	–	–
Fairchild	μA7805	7 až 35	5	1	15	17
	μA7806	8 až 35	6	1	15	19
	μA7808	10,5 až 35	8	1	15	16
	μA7812	14,5 až 35	12	1	15	18
	μA7815	17,5 až 35	15	1	15	19
	μA7818	21 až 35	18	1	15	22
	μA7824	27 až 40	24	1	15	28
Thomson CSF	SFC2805	35	5	1,5	20	–
	SFC2806	35	6	1,5	20	–
	SFC2824	40	24	1,5	20	–

Nf technika

Nízkofrekvenční výkonový zesilovač v můstkovém zapojení

Důvodů ke konstrukci nf výkonových zesilovačů v můstkovém zapojení může být několik. Autor původního článku volil toto zapojení proto, že potřeboval nf zesilovač do auta s palubní sítí 6 V, a přitom vyloučil možnost použít v nf zesilovači transformátory. Tak dospěl k tomu, že při napájecím napětí 6 V je maximální možný výstupní výkon při použití komplementárních tranzistorů asi 1 W, což je relativně málo pro provoz v autě.

Jeho úvaha byla celkem jednoduchá: komplementární tranzistory výkonového zesilovače jsou zapojeny tak, že na jejich emitorech je poloviční napájecí napětí zdroje. Maximální výstupní napětí je pak polovinou součinu efektivního napětí a proudu, který jimi protéká, nebo čtvrtinou špičkové hodnoty napětí násobeného špičkovou hodnotou proudu, tj.

$$P_{max} \doteq \frac{\frac{U_B}{2} I_C}{2} = \frac{U_B I_C}{4}.$$

Zatěžovací odpor lze určit ze vztahu

$$R_z \doteq \frac{\frac{U_B}{2}}{I_C} = \frac{U_B}{2 I_C}.$$

Špičkový proud lze určit ze vztahu

$$I_C \doteq U_B / 2 R_z .$$

Nahradí-li se v uvedených vztazích špičkový proud kolektoru posledně uvedeným výrazem, dospěje se k výrazu se třemi vzájemně na sobě závislými veličinami, v nichž je zanedbán sice vliv emitorového odporu koncových tranzistorů, který však k orientačním výpočtům zcela vyhoví.

Potom je zcela zřejmé, že je-li k dispozici napájecí napětí 6 V a reproduktor (zátěž) o impedanci 8 Ω, lze při dvojčinném zapojení bez transformátoru lze dosáhnout výstupního výkonu maximálně asi 500 mW. Lze to určit ze vztahu

$$P_{max} \doteq \frac{U^2_B}{8 R_z} = 36/64 = 0{,}56 \text{ W}.$$

Použije-li se reproduktor o impedanci 4 Ω, lze získat výstupní výkon asi 1 W (36 : 32 ≐ 1,1). Výkon 0,5, popř. 1 W je u autoradia nedostatečný, nf zesilovač by měl mít výkon alespoň 2 až 3 W.

Chceme-li vystačit s běžnými polovodičovými prvky, nabízí se použít nf zesilovač v můstkovém zapojení. U můstkového zapojení lze uvažovat špičkové napětí střídavé rovné stejnosměrnému napájecímu napětí, což lze vyjádřit takto:

$$P_{max} \doteq U_B I_C / 2,$$
$$R_z \doteq U_B / I_C,$$
$$I_C \doteq U_B / R_z;$$

z uvedených vztahů vyplývá pro maximální výstupní výkon vztah

$$P_{max} \doteq \frac{U^2_B}{2R}.$$

Ovšem ani v můstkovém zapojení nemůže být amplituda střídavého napětí na výstupu zesilovače větší, než stejnosměrné napájecí napětí po odečtení spádu napětí na emitorových odporech a na přechodech tranzistoru.

Na základě těchto úvah byl zkonstruován nf zesilovač v můstkovém zapojení podle obr. 11a.

Zesilovač se skládá z předzesilovače s tranzistorem T_1, který je řízen jak vstupním signálem, tak i stejnosměrnou a zápornou střídavou zpětnou vazbou. Tranzistor T_2 pracuje jako budič komplementární dvojice koncových tranzistorů T_3, T_4.

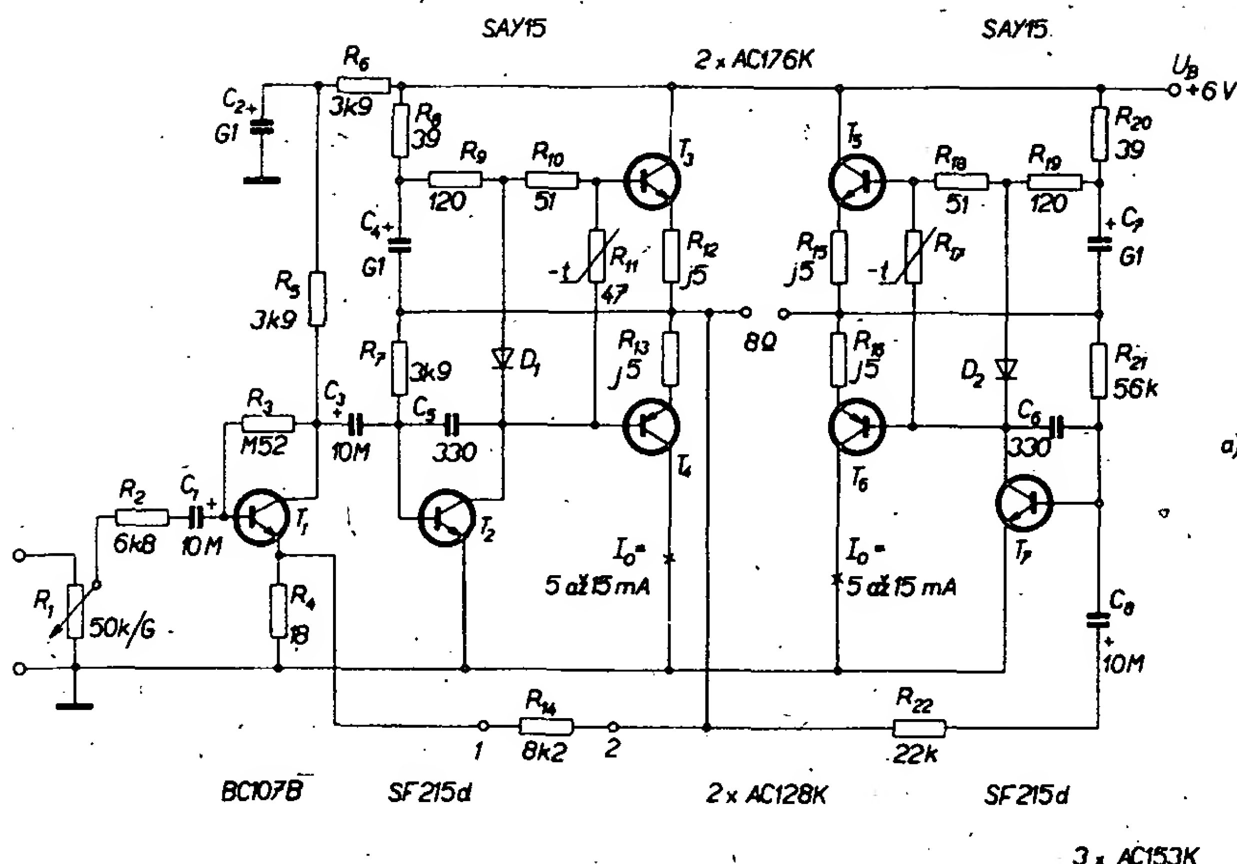
Druhá část můstkového zapojení je napájena z emitoru tranzistoru T_1 a je identická s první částí. Zpětná vazba přes odpor R_{14} z výstupu zesilovače podstatně zlepšuje jeho linearitu a odolnost proti přebuzení.

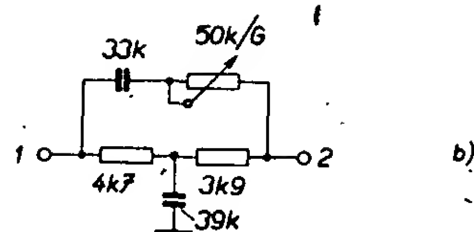
Diody D_1 a D_2 a termistory R_{11} a R_{17} zabezpečují stabilitu napětí „středního bodu" zesilovače (spoj emitorových odporů koncových tranzistorů) a stabilitu klidového proudu koncových tranzistorů.

Protože použité křemíkové tranzistory mají relativně vysoký mezní kmitočet, jsou v zapojení použity kondenzátory C_5 a C_6, které omezují horní konec přenášeného pásma a zamezují vzniku oscilací.

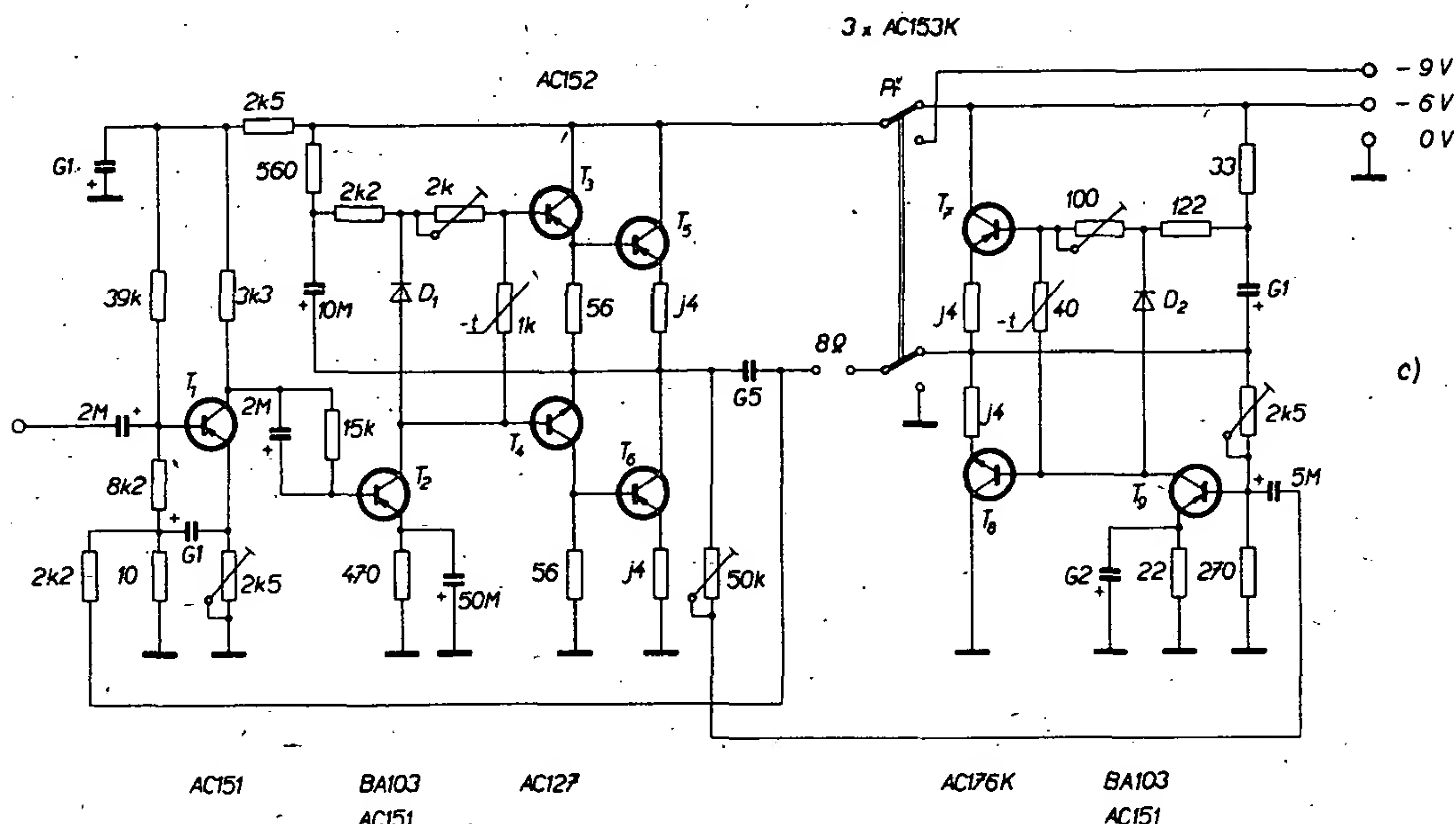
Výhodou můstkového zapojení je i to, že odpadá nutnost použít na výstupu elektrolytický kondenzátor, na jehož kapacitě závisí dolní mezí kmitočet zesilovače, a který bývá obvykle jednou z nejrozměrnějších součástí zesilovače.

Protože obě větve můstkového zesilovače musí být buzeny signály s fázovým posuvem 180°, je každý z obou budičů buzen signálem





Obr. 11. Nf výkonový zesilovač v můstkovém zapojení (a), regulátor výšek (b) a nf výkonový zesilovač s možností volit přepínačem druh zapojení – můstkové nebo běžné (c)



opačné polarity a otevírají se buď tranzistory T_3 a T_5, nebo T_4 a T_6. Střídavé zesílené napětí na zátěži je pak dvojnásobné proti napětí na zátěži u běžného (nemůstkového) zapojení.

Při nastavování zesilovače je vhodné nastavovat každou polovinu můstku zvlášť, je však třeba v tomto případě oddělit zátěž (reproduktor, zatěžovací odpor) elektrolytickým kondenzátorem o kapacitě nejméně 1000 μF. Změnou odporu R_{14} se nastavuje citlivost zesilovače (v originálním zapojení byla při odporu ve schématu zapojení citlivost asi 10 mV). Odpory R_{10} a R_{18} se nastavuje klidový proud koncových tranzistorů na 5 až 10 mA, na klidovém proudu závisí i dosažitelné zkreslení. Změnou R_{22} lze dosáhnout požadovaného stejného zesílení obou částí můstkového zesilovače. Na velikosti odporů R_{21} a R_7 závisí souměrnost buzení.

Pro výběr polovodičových prvků platí, že by měly být vybrány s pokud možno stejnými parametry, neuškodí vybírat i odpory tak, aby v obou větvích zesilovače bylo dosaženo co největší shody parametrů.

Zesilovač lze doplnit plynulou regulací výšek podle obr. 11b. Tento článek se zapojuje místo odporu R_{14} do větve zpětné vazby. Pak lze potlačit výšky až o 20 dB a zdůraznit až o 5 dB. Klidový odběr zesilovače je asi 40 mA. Při správném nastavení lze dosáhnout výstupního výkonu, většího než 2 W, a to na zatěžovací impedanci 8 Ω. Při menším zatěžovacím odporu by byly koncové tranzistory přetíženy (proud jimi by byl asi 1 A). Tranzistory koncových zesilovačů je vhodné umístit na chladič.

Polovodičové prvky lze v zapojení nahradit takto: místo T_1, BC107B, lze použít náš tranzistor KC508 nebo KC148, místo SF215 tranzistor KF508, místo koncové dvojice tranzistorů náš komplementární pár GC510/GC520, dioda může být libovolná křemíková dioda, např. KA501 apod.

Na obr. 11c je zajímavý doplněk k nf zesilovači u běžných tranzistorových přijímačů – při použití v autě s palubním napětím 6 V lze odpojit původní napájecí zdroj 9 V a přistavět ještě jeden koncový stupeň s budičem tak, aby s původním zapojením tvořil opět zesilovač v můstkovém zapojení. U původního zapojení lze obvykle dosáhnout nf výkonu na zatěžovacím odporu 8 Ω kolem 1 W, u upraveného zesilovače autor dosáhl nf výkonu 2 W na stejném zatěžovacím odporu a při napájení 6 V, takže při použití přijímače v autě je hlasitost reprodukce postačující. K navázání zatěžovacího odporu (reproduktoru) k výstupu zesilovače je však v tomto případě třeba použít bipolární elektrolytický kondenzátor; který však není běžně k dispozici. Bipolární kondenzátor lze v tomto případě improvizovat tak, že zapojíme do série dva kondenzátory (zde o kapacitě 1000 μF) tak, že spojíme jejich záporné vývody; kladnými vývody budou kondenzátory připojeny jednak k reproduktoru a jednak ke spoji kolektor AC153K a odpor 0,4 Ω.

Všechny tranzistory v zapojení na obr. 11c jsou germaniové, lze je nahradit libovolnými typy z tuzemské nabídky nf tranzistorů, pozor však na jejich polaritu.

das elektron č. 2/1975

Tranzistorový budič pro elektronkový koncový stupeň nf zesilovačů

Zajímavý článek byl uveřejněn v anglickém časopisu Wireless World v dubnu letošního roku. Autor v něm popisuje návrh a konstrukci nf zesilovače s tranzistory, který má sloužit jako budicí stupeň koncového zesilovače s elektronkami; toto řešení uvádí jako výhodné pro toho, kdo vlastní některý z velmi dobrých elektronkových zesilovačů (jmenovitě uvádí Williamsonův zesilovač, což byl před érou tranzistorů nejjakostnější nf zesilovač), u nichž zub času nutí vlastníka k opravám a náhradám součástek ve větší míře, takže se vyplatí zasáhnout do konstrukce podstatným způsobem.

Podstatné při renovaci podobných zesilovačů je, aby jejich výstupní transformátor přenášel spolehlivě co nejširší kmitočtové pásmo. Základní ideou návrhu bylo zkonstruovat zesilovač s tak širokým přenášeným kmitočtovým pásmem vzhledem k pásmu, které přenáší výstupní transformátor, aby se v zesilovači neobjevil jiný posuv fáze než ten, který je způsoben výstupním transformátorem. Proto byl navržen zesilovač (stejnosměrně vázaný) s šířkou pásma 1 MHz, používající techniku operačních zesilovačů. Tak byl zkonstruován budicí zesilovač pro koncový dvojčinný stupeň s elektronkami,

které mohou pracovat jak ve třídě A, tak i ve třídě AB.

Blokové schéma celého zesilovače je na obr. 12a. Zesilovač obsahuje tři diferenciální stupně, „předpěťový“ (který pracuje v závislosti na proudu elektronkami) a směšovací–zesilovací stupeň, z něhož se získává budicí signál pro elektronky. Celý zesilovač je symetrický, dokonalé stejnosměrné symetrie lze dosáhnout změnou nastavení potenciometru v emitorech vstupních tranzistorů (R_1). Všechny diferenciální stupně jsou napájeny z tranzistorových zdrojů proudu, což umožňuje vést vstupní signál i zpětnovazební napětí přes celý zesilovač bez nebezpečí rozkmitání a vazeb. Zdrojem proudu pro směšovací–zesilovací stupeň je tranzistor p-n-p; napěťový zisk tohoto stupně lze volit nastavením potenciometru R_2. Odpory R_k by měly být tak malé, aby svou velikostí přímo neovlivňovaly předpětí elektronek. Mají totiž za úkol pouze zmenšovat poněkud efektivní strmost elektronek.

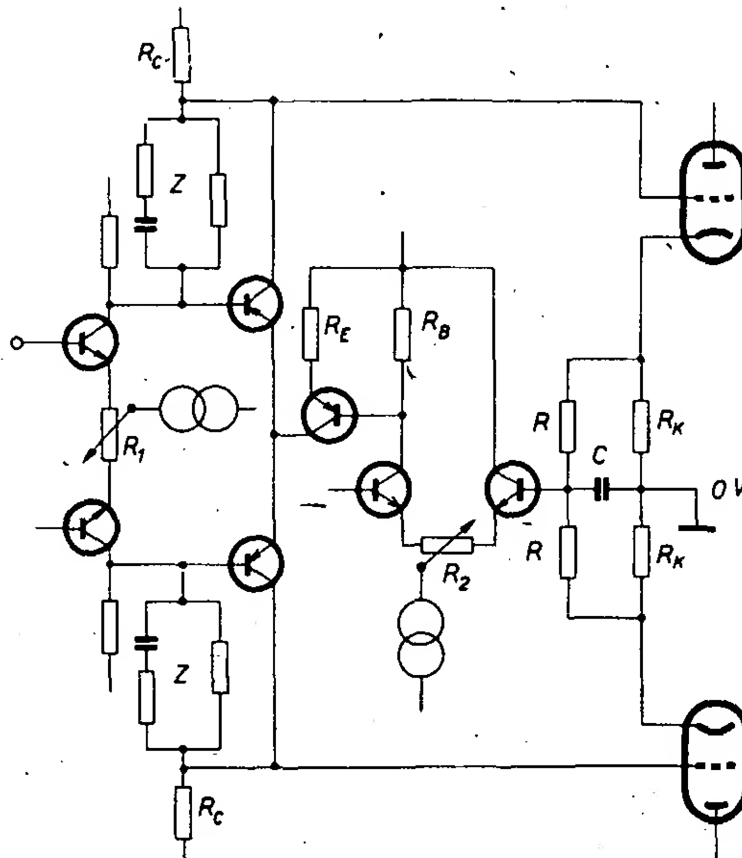
Protože kolektorové odpory tranzistorů směšovacího stupně jsou dosti velké, má stupeň tak velké zesílení, že lze u něho zavést místní zpětnou vazbu. K zavedení vazby slouží impedance Z na obr. 12a, jednotlivé součásti této impedance jsou vybrány tak, aby byla v požadovaném rozsahu omezena celková šířka přenášeného pásma zesilovače.

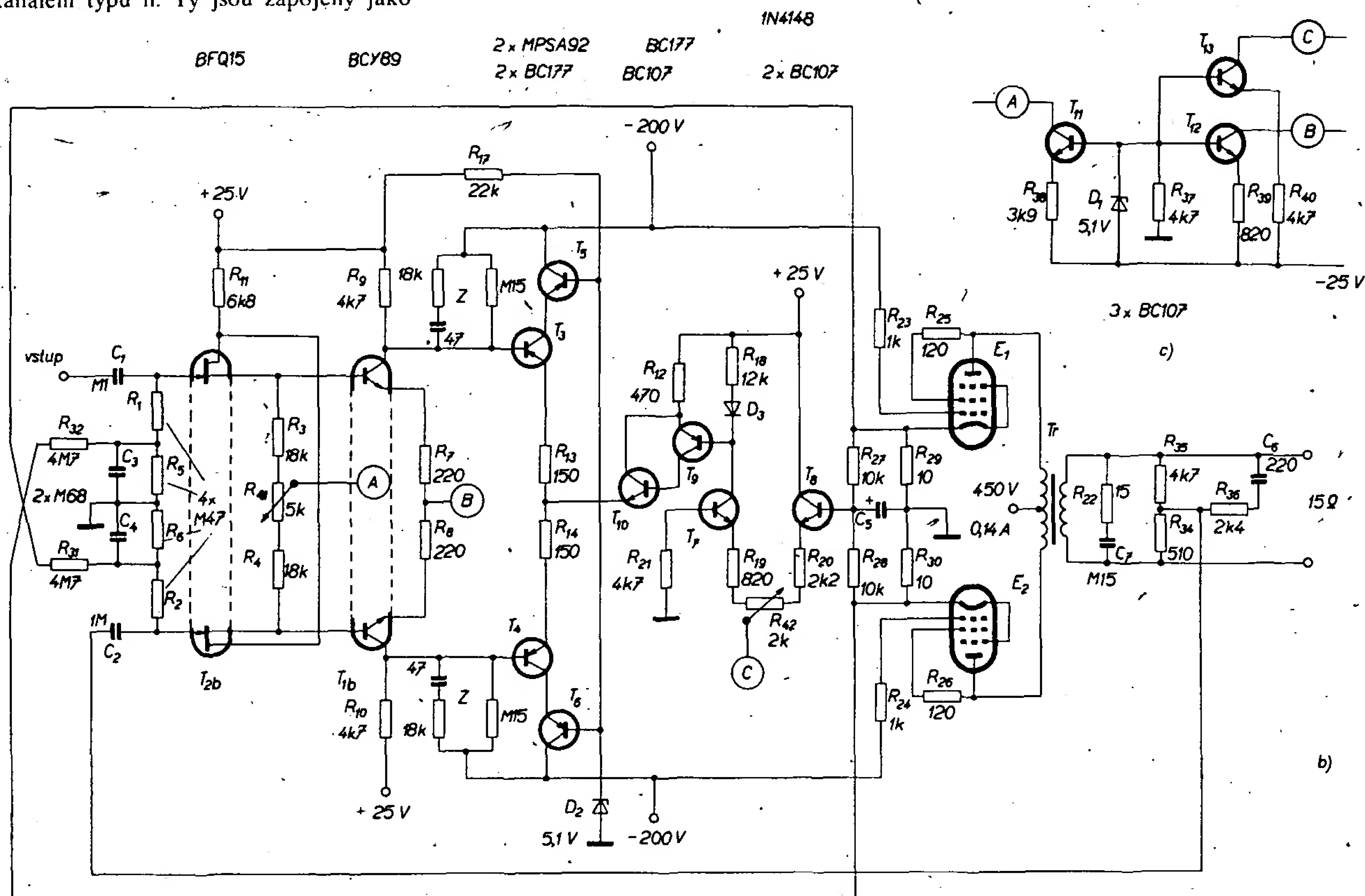
Celkové zapojení zesilovače je na obr. 12b. I když je zapojení relativně složité, přesto autor jako jeho výhodu uvádí jednoduché nastavování a minimální požadavky na síťový zdroj (stabilizovat je třeba pouze záporné napětí – 200 V). Protože u zesilovače je mnohem zajímavější koncepce, než vlastní provedení (s realizací s tuzemskými součástkami prakticky nelze počítat), omezím se v textu pouze na stručný popis činnosti jednotlivých prvků zapojení.

Jako vstupní stupeň pracuje dvojice tranzistorů v zapojení se společným emitorem, která je doplněna dvojicí tranzistorů FET s kanálem typu n. Ty jsou zapojeny jako emitorové (source) sledovače. Toto řešení umožnilo kompatibilitu zesilovače se zesilovači elektronkovými, a to jak vzhledem ke vstupní impedanci, tak i vzhledem k nezávislosti parametrů na zdroji budicího napětí. Potenciometrem R_{41} lze nastavit stejnosměrnou symetrii vstupních obvodů. Odpory R_7 a R_8 autor doporučuje vybrat tak, aby byly co nejshodnější, neboť na nich také závisí velikost místní zpětné vazby a tím i zesílení stupně. Spojení běžných tranzistorů s tranzistory FET umožnilo též získat obvod s velkou šířkou přenášeného pásma a snadným nastavením požadovaného zesílení. Aby byl teplotní drift obvodu co nejmenší, byly použity dvojice tranzistorů v jednom pouzdru.

Směšovací–zesilovací stupeň je konstruován jako kaskódový, což je velmi důležité vzhledem k harmonickému zkreslení, neboť rozkmit jejich vstupního napětí je velmi značný V tomto uspořádání je velmi malá také Millerova zpětnovazební kapacita. Místní zpětná vazba v obvodu je zavedena odpory R_{13} a R_{14}. Zpětná vazba impedancemi Z je pro nízké kmitočty asi 12 dB, pro vysoké kmitočty se zvětšuje až na 26 dB (v pásmu od 20 do 200 kHz). Protože impedance Z pracují jako diferenciální zpětná vazba, není třeba jejich součásti vybírat a párovat. Shodné musí však být kolektorové zátěže tranzistorů T_5 a T_6, aby bylo dosaženo symetrie buzení koncových elektronek.

Proti blokovému schématu je v zapojení budicího stupně koncových elektronek ten rozdíl, že potenciometr v emitorech tranzistorů T_7 a T_8 byl doplněn dvěma pevnými





Obr. 12. Tranzistorový budič pro nf koncový stupeň s elektronkami; a – základní zapojení pro dvojčinný koncový stupeň (ze zapojení pro přehlednost vypuštěn výstupní transformátor). Vstupy slouží k připojení vstupního a zpětnovazebního signálu, b – celkové zapojení výkonového zesilovače. Elektronky pracují ve třídě A, je-li kapacita kondenzátoru C_5 = 0, c – zdroje proudu

odpory v sérii. Vzhledem k blokovému zapojení je v zapojení na obr. 12b ještě jedna změna: z důvodů teplotní nezávislosti je zdroj proudu pro tranzistory směšovacího-zesilovacího stupně tvořen komplementárním párem tranzistorů n-p-n, p-n-p (obr. 12c).

V zesilovači byla použita i záporná zpětná vazba, která je závislá na rozdílu napětí na katodových odporech elektronek. V obvodu zpětné vazby jsou přesně vybrané dvojice odporů R_{31}, R_{32} a R_5, R_6 a kondenzátory C_3, C_4. Tato zpětná vazba je zavedena na vstup zesilovače a stabilizuje proud koncovými elektronkami.

Kmitočtová amplitudová charakteristika zesilovače je rovná (0 dB) v pásmu 5 Hz až 25 kHz, pokles 3 dB nastává na kmitočtu 100 kHz. Celkové harmonické zkreslení, měřené na 20 Hz, 1000 Hz a 15 kHz při výstupním výkonu 10, popř. 15 W je přehledně v tabulce.

Výstupní výkon	Celkové harmonické zkreslení [%] na		
[W]	20 Hz	1000 Hz	15 kHz
10	0,015	0,01	0,1
15	0,1	0,02	0,25

V závěru článku jsou ještě poznámky k použitým součástkám, z nichž vysvítá, že tranzistorovou část zesilovače lze osadit mnoha různými typy polovodičových prvků bez změn vlastností zesilovače; pokud jde o elektronky, uvádí autor i možnost použít elektronky EL34, EL506, EL84 apod., pak je ovšem nutné zmenšit použité záporné napětí. Další konstrukční podrobnosti včetně desky s plošnými spoji jsou v původním článku uvedeny velmi podrobně.

Jen pro zajímavost: nová verze původního Williamsonova zesilovače byla autorem zesilovače popsána ve Wireless World 1949, str. 282 (High quality amplifier: new version).

Wireless World č. 1484 (duben) 1976

Adaptor pro stereofonní sluchátka

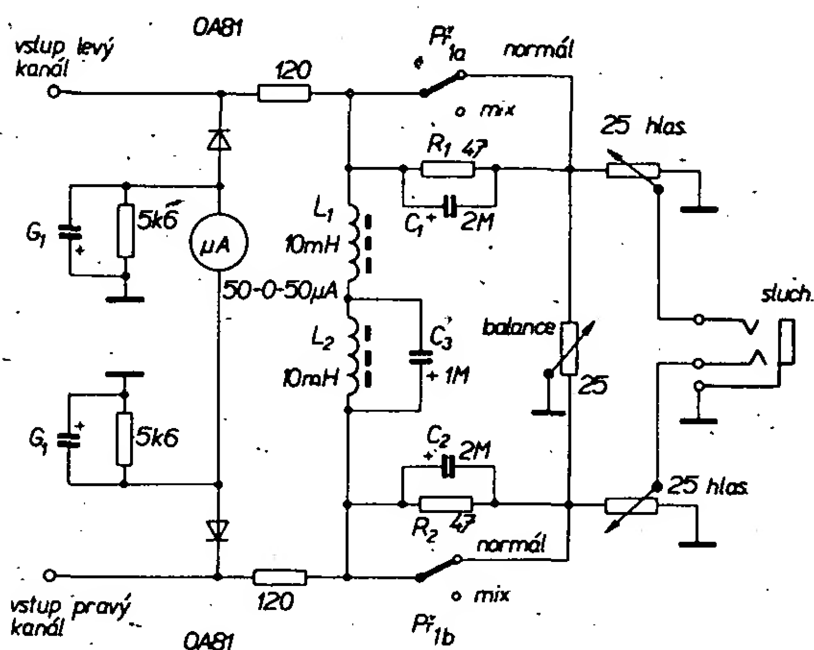
Pro starší stereofonní zesilovače, které nemají vývod pro připojení sluchátek, lze použít obvod podle obr. 13. Adaptor je doplněn regulátorem přeslechů mezi pravým a levým kanálem, jehož pomocí lze (jak uvádí autor článku) dosáhnout realističtějšího stereofonního vjemu. Měřidlo a regulátor stereofonního vyvážení (balance) signálu pro sluchátka slouží při monofonním signálu k přesnému nastavení signálu tak, aby v pravém i levém kanálu měl stejnou úroveň.

Odpory 120 Ω ve větvi pravého i levého kanálu tvoří základní přizpůsobovací článek mezi výstupem nf zesilovače a výstupem adaptoru pro připojení sluchátek. Odpor lze podle impedance sluchátek zvětšit či zmenšit i zcela vypustit, volí se tak, aby se při přechodu z reprodukce reproduktory na sluchátka nemuselo měnit nastavení hlasitosti na zesilovači.

Je-li přepínač $Př_1$ v poloze „normal", vede se signál z výstupu zesilovače přes přizpůsobovací odpory přímo do sluchátek. Jemně lze hlasitost tohoto signálu měnit potenciometry 25 Ω, popř. lze znovu upravit potenciometrem s uzemněným běžcem vyvážení stereofonního signálu. Je-li přepínač v poloze „mix", prochází signál přes přizpůsobovací odpory a kromě toho i články *LC* a *RC*, pomocí nichž se část stereofonního signálu v okolí kmitočtu 1000 Hz směšuje tak, že se „vyplní díra ve středu" (přenášeného kmitočtového pásma). Směšovací obvod je tvořen cívkou L_1, článkem L_2C_3 a dále články R_1C_1 a R_2C_2.

Místo diod OA81 lze použít jakékoli diody, i detekční. Potenciometry je nejlépe použít drátové. Přepínač vyhoví běžný páčkový.

Radio-Electronics č. 8 (srpen)/1974



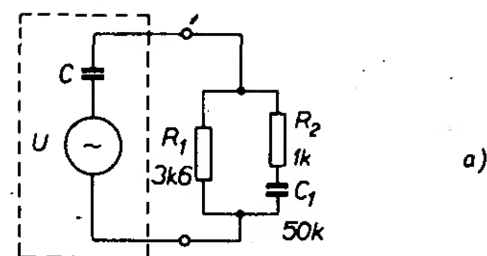
Obr. 13. Adaptor pro stereofonní sluchátka s indikačním měřidlem a obvodem, jímž lze upravovat výstupní signál ze zesilovače předtím, než vybudí sluchátka. Adaptor má i směšovací obvod, jímž lze směšovat signály pravého a levého kanálu v okolí kmitočtu 1000 Hz

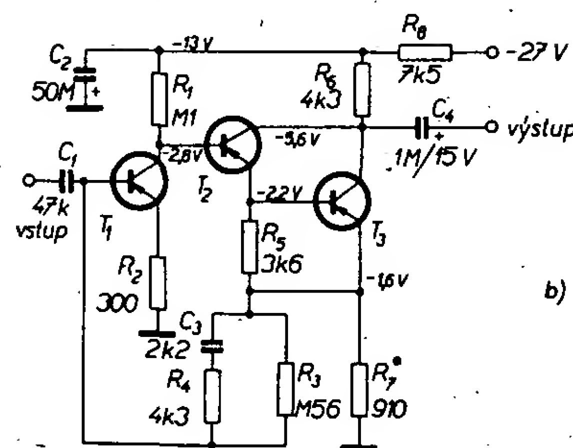
Předzesilovač-korektor pro piezokeramickou vložku do přenosky

Největším problémem při používání piezokeramických vložek je přizpůsobit je co nejlépe ke vstupu zesilovače. Piezokeramická vložka je vlastně kondenzátor s keramickým dielektrikem, jehož ekvivalentní kapacita bývá 500 až 700 pF, a která má kapacitní odpor asi 6 MΩ na kmitočtu 50 Hz a 20 kΩ na kmitočtu 16 kHz.

V tranzistorových i elektronkových zesilovačích, vyráběných průmyslově, je na připojení gramofonů s těmito vložkami pamatováno, jejich vstupy mívají vstupní odpor obvykle v mezích 1 až 1,5 MΩ, jejich vstupní kapacita bývá 30 až 50 pF. V takových případech je vstup zesilovače dobře přizpůsoben pro výstupní signál z keramické vložky a je třeba korigovat pouze zmenšení napětí na vyšších kmitočtech, které odpovídá standardní charakteristice nahrávek na gramofonových deskách.

Jiná je ovšem situace, připojí-li se tato vložka k amatérskému zesilovači, který má např. vstup se vstupním odporem 50 až 100 kΩ a se vstupní kapacitou 300 až 500 pF (což bývá velmi často). Pak při reprodukci má signál „kmitočtové díry", vznikající nepřizpůsobením a nepomůže ani případná snaha korigovat výstupní signál regulátory barvy zvuku. Typický případ nesprávně navrženého vstupu pro keramickou vložku je na obr. 14a (autor článku používá příklad zapojení nf zesilovače ze sovětského časopisu Radio č. 2/1972). Na obrázku je keramická vložka reprezentována zdrojem napětí v sérii s kondenzátorem a vstupní obvody zesilovače článkem R_1, R_2, C_1. V tomto případě má kmitočtová charakteristika zesilovače spád asi 6 dB/okt. v celém pracovním oboru kmitočtů.





Obr. 14. Předzesilovač-korektor pro piezokeramickou vložku do přenosky; a – náhradní schéma vložky a běžně používaná zátěž, b – zapojení předzesilovače-korektoru. Tranzistory nemají čs. ekvivalenty, jsou to doplňkové typy p-n-p k tranzistorům n-p-n typu KC507 až KC509

Proto navrhl autor původního článku předzesilovač, který splňuje všechny podmínky pro zesilování signálu z piezokeramické vložky přenosky. Schéma zapojení předzesilovače je na obr. 14b.

Předzesilovač má dva stupně. Tranzistor T_1 pracuje v zapojení se společným emitorem a tranzistory T_2 a T_3 druhého stupně jako jeden „složený" tranzistor. Všechny tři tranzistory předzesilovače jsou vázány zápornou zpětnou vazbou přes odpory R_3 a R_7. Pro střídavý proud je paralelně k odporu R_3 zapojen článek R_4, C_3. Oba stupně mají ještě místní zpětnou vazbu pomocí emitorových odporů.

Použitý typ celkové zpětné vazby zmenšuje činitele proudového zesílení a vstupní odpor, zvětšuje výstupní odpor. Napěťové zesílení se prakticky vlivem zpětné vazby nemění. Na kmitočtech nižších než 30 Hz je vstupní odpor činný, jeho maximální velikost je asi 5 kΩ. Se zvyšujícím se kmitočtem vstupního napětí se vstupní odpor předzesilovače zmenšuje vlivem kapacity kondenzátoru C_3 a v pásmu kmitočtů od 200 Hz do 10 kHz má čistě kapacitní charakter. Vstupní kapacita C_{vst} předzesilovače je asi 0,25 μF, její kapacitní odpor na kmitočtu 10 kHz je asi 63 Ω. Při dalším zvyšování kmitočtu má opět vstupní odpor převážně činný charakter (vlivem odporu R_4) a blíží se 40 Ω.

Takto je piezokeramická vložka v celé pracovní oblasti kmitočtů připojena vždy k malému vstupnímu odporu předzesilovače (kapacitního charakteru), proud ve vstupním obvodu bude úměrný ekvivalentní kapacitě vložky $C \doteq 700$ pF $\ll C_{vst} = 0,25$ μF a napětí na vstupu předzesilovače nebude záviset na kmitočtu. Protože použitý druh záporné zpětné vazby nemění napěťové zesílení, nebude na kmitočtu záviset ani napětí na výstupu předzesilovače a bude asi 1 až 2 V podle typu vložky. Výstupní odpor předzesilovače je asi 4,3 kΩ, proto kapacita stíněného vodiče, kterým je výstupní signál z předzesilovače veden na vstup vlastního zesilovače,

nebude mít na procházející signál vliv ani při kmitočtech okolo 20 kHz.

Činnost předzesilovače byla ověřena s třemi různými typy sovětských piezokeramických vložek GZKU-631R. Vložkami se snímal signál ze sovětských zkušebních desek GOST 5289-68, IZM 339-0102-2. Při zkouškách se ukázalo, že vzhledem k velkému rozptylu parametrů tranzistorů bylo třeba v několika případech upravit odpor R_7 tak, aby tranzistor T_3 pracoval v požadovaném pracovním režimu.

Použité křemíkové tranzistory p-n-p lze zaměnit za germaniové, autor doporučuje typy slitinové, např. MP41A, MP42B, popř. za křemíkové tranzistory KT315B (ty odpovídají našim typům KC, např. KC508). Pak je ovšem třeba (tranzistory jsou opačné vodivosti, tj. n-p-n) obrátit polaritu napájecího napětí a elektrolytických kondenzátorů. Při použití germaniových tranzistorů doporučuje autor upravit odpor R_7 asi na 510 Ω, aby napětí na kolektoru tranzistoru T_3 bylo asi 5 až 6,5 V.

K napájení je vhodný jakýkoli zdroj stabilizovaného napětí s výstupním napětím větším než asi 15 V (je třeba upravit velikost odporu R_8), za odporem R_8 však musí být napětí přesně 13 V. Odběr proudu předzesilovače je asi 2 až 4 mA. Předzesilovač lze samozřejmě napájet i z baterie.

Radio (SSSR) č. 5/1975

Řízený mikrofonní zesilovač

Je-li třeba zesilovat velmi malá střídavá napětí v rozsahu nf kmitočtů tak, aby následné silné signály nepřebudily zesilovač, používají se zesilovače s tzv. řízeným zesílením, jinak též kompresory dynamiky. Snahou konstruktérů těchto zařízení je, aby i při silně kolísající amplitudě vstupního signálu byl výstupní signál co nejstálejší, s co možno nejmenší dynamikou.

Kompresory dynamiky se používají převážně při snímání zvuku mikrofonem, a to především při snímání řeči.

Protože vestavba kompresoru dynamiky do starších magnetofonů přináší potíže, byl přístroj konstruován jako stavební jednotka, v níž byl umístěn mikrofon (mikrofonní vložka), předzesilovač a kompresor dynamiky s měničem impedance. Celá sestava byla pak vyzkoušena ve spojení s magnetofonem (kazetovým) typu MK 21 (maďarské výroby).

Základní zapojení kompresoru dynamiky s germaniovými tranzistory je na obr. 15a. Zapojení má tyto vlastnosti:
vstupní napětí: 30 mV až 1 V,
výstupní napětí: 350 až 600 mV,
zkreslení: 2 %.

Princip zapojení byl použit ke konstrukci řízeného mikrofonního zesilovače v zapojení podle obr. 15b. V zapojení jsou použity křemíkové tranzistory v pouzdrech z plastické hmoty.

Protože napětí z dynamického mikrofonu, který autor ke stavbě použil, nezaručovalo dobrou činnost kompresoru, byl před vlastní kompresor umístěn ještě předzesilovač s tranzistorem s malým šumem typu BC239B. Druhý stupeň předzesilovače je osazen běžným nf tranzistorem typu SF215. Zpětná vazba z emitoru T_2 na vstup (báze tranzistoru T_1) určuje zesílení druhého stupně a zabezpečuje vhodný vstupní odpor. Zesílený nf signál přichází pak na dělič napětí, tvořený odporem R_7 a vnitřním odporem tranzistoru T_3, přitom vnitřní odpor tranzistoru se mění v závislosti na velikosti vstupního napětí. Ke zlepšení řídicích vlastností obvodů je nf signál zesilován tranzistorem T_4. Ke kolektoru tranzistoru T_4 je přes odpor R_{13} připojena báze tranzistoru T_5. Tranzistor T_5 zatěžuje velmi málo stupeň s tranzistorem T_4, proto ho nijak neovlivňuje a přitom zajišťuje důležitý úkol: napájet usměrňovací diody kompresoru ze zdroje s co nejmenší impedancí, takže obvod komprese reaguje velmi rychle na změny vstupního napětí. Stejnosměrné řídicí napětí se pak vede na bázi T_3 a mění dělicí poměr děliče napětí R_7/T_3. Dělič tedy pracuje jako běžný potenciometr, jehož nastavení se ovládá ručně, reaguje ovšem mnohem rychleji a přesněji, než by bylo možné dosáhnout ruční regulací.

Na zesilovací stupeň T_4 navazuje měnič impedance – emitorový sledovač s tranzistorem T_6. Výstupní napětí z měniče impedance lze nastavit na požadovanou velikost změnou polohy běžce trimru R_{17}.

Přístroj se ve spojení s kazetovým magnetofonem velmi osvědčil a umožnil záznam i velmi rychle a velmi silně se měnícího signálu.

das elektron č. 17–18/1974

Nf zesilovač 60 W s přepínatelným výstupním výkonem

S moderními křemíkovými tranzistory lze bez problémů konstruovat nf zesilovače až do výkonů kolem 100 W. Naproti tomu je velká většina běžně prodávaných reproduktorových soustav určena pro výkony maximálně kolem 20 až 30 W, pouze nejdražší soustavy jsou určeny pro větší výstupní výkony. Protože malé reproduktorové soustavy lze velkým vstupním signálem snadno a zcela zničit, je výhodné nějakým způsobem zajistit, aby ke zničení soustav nemohlo dojít ani v nejnepříznivějším případě.

Na obr. 16a je zapojení výkonového zesilovače, jehož výstupní výkon lze snadno přizpůsobit použitým reproduktorovým soustavám změnou napájecího napětí (přepínáním odboček na síťovém transformátoru). Výstupní výkon zesilovače lze pak jednoduše určit ze vztahu

$$P = \frac{(U_B - U_1 - U_2)^2}{8R_z}$$

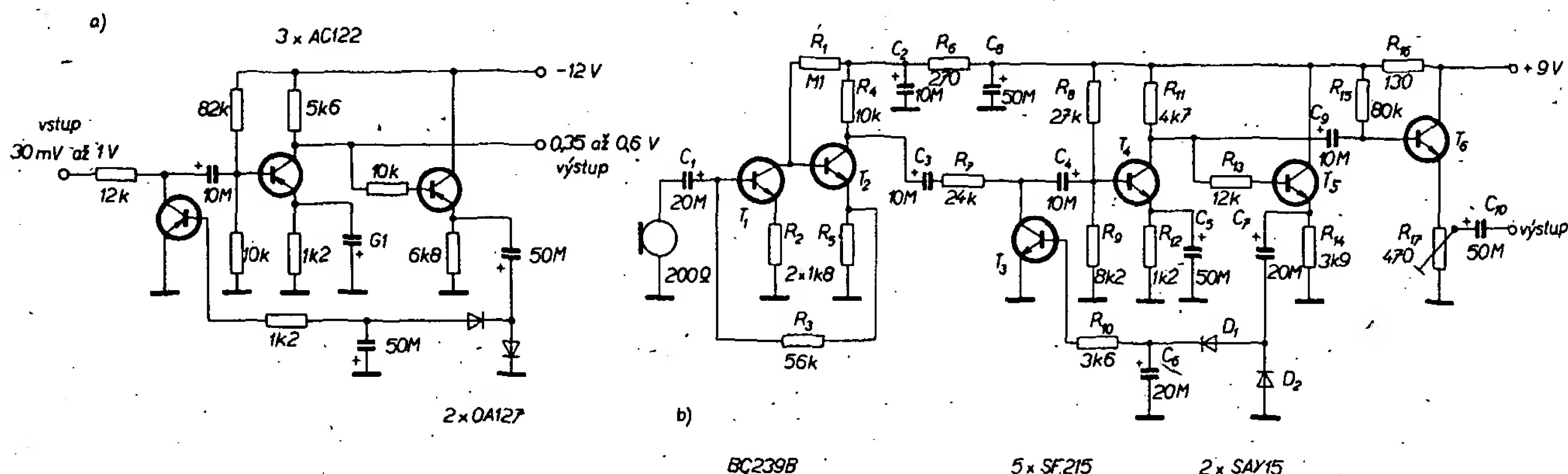
kde R_z je odpor zátěže (impedance reproduktoru nebo reproduktorové soustavy), U_1 je amplituda kladné a U_2 záporné půlvlny výstupního napětí, U_B je napájecí napětí. Napětí U_1 a U_2 lze snadno určit společně ze spádu napětí na tranzistorech koncového stupně zesilovače a ze spádu napětí na kolektorovém, popř. emitorovém odporu koncových tranzistorů.

Při napájení běžných zesilovačů jiným napájecím napětím než jmenovitým se
1. změní nastavení pracovních bodů, tzn. např., že stejnosměrné napětí mezi odpory 0,47 Ω koncových tranzistorů nebude rovno polovičnímu napětí zdroje (tj. $U_B/2$),
2. značně změní i klidový proud koncových tranzistorů,
3. změní i vstupní jmenovité napětí, nutné k plnému vybuzení zesilovače atd.

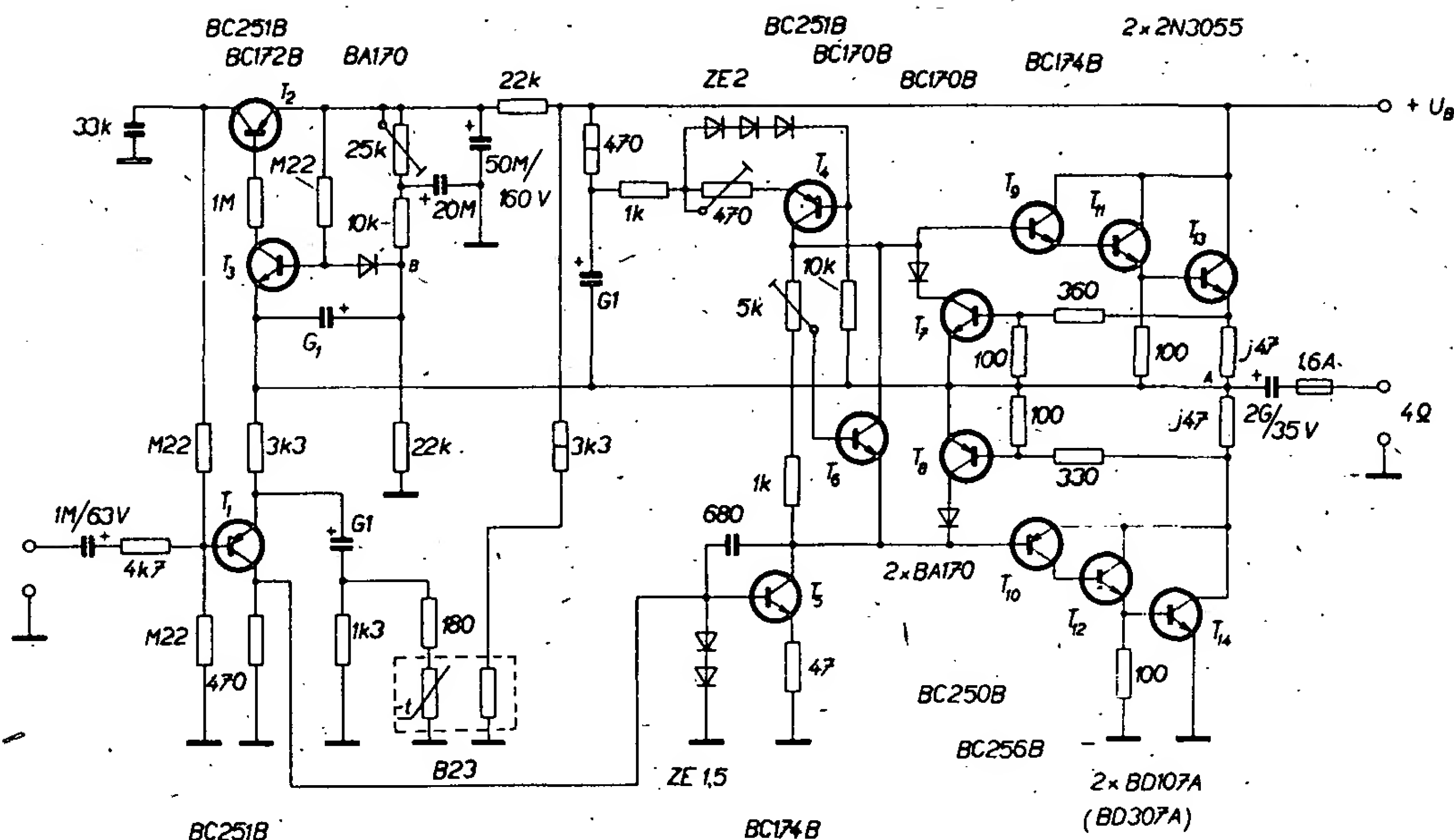
Aby zesilovač pracoval i při změně napájecího napětí tak, aby uvedené tři hlavní změny jeho parametrů bylo možno zanedbat, má zapojení na obr. 16a několik zvláštních obvodů, které se u běžných zesilovačů nevyskytují:
1. stejnosměrné napětí mezi odpory 0,47 Ω (střední větev zesilovače) bude vždy konstantní a rovné polovině napájecího napětí díky činnosti tranzistoru T_3, který je spolu s tranzistorem T_2 zapojen jako sériový stabilizátor napětí. Tranzistor T_3 sám pracuje jako diferenční zesilovač napětí; nastaví-li se trimrem 25 kΩ napětí střední větve zesilovače na polovinu napájecího napětí, bude v bodu *A* při změně napájecího napětí U_B vždy napětí $U_B/2$;
2. v kolektorovém obvodu tranzistoru T_5 je jako zdroj konstantního proudu zapojen tranzistor T_4 se stabilizační diodou ZE2. Proto jsou kolektorový proud T_5 a tím i klidový proud koncových tranzistorů stálé i při změnách napájecího napětí;
3. zesílení vstupního napětí je určeno zpětnovazebním děličem napětí, který je zapojen v emitoru vstupního tranzistoru. Součástí děliče je i nepřímo žhavený perličkový termistor (NTC, B23), jehož žhavení je připojeno přes odpor 3,3 kΩ k napájecímu napětí. Proto je odpor termistoru (daný jeho teplotou) závislý na velikosti napájecího napětí. Obvod je navržen tak, že v rozmezí napájecího napětí 20 až 60 V je vstupní napětí, potřebné k plnému vybuzení zesilovače, vždy asi 1 V.

Tranzistor T_6 kompenzuje známým způsobem klidový proud koncových tranzistorů v závislosti na změnách teploty okolí.

Činnost tranzistorů T_7 a T_8 je ovládána spádem napětí na odporech 0,47 Ω v emitoru a kolektoru koncových tranzistorů, který je proporcionální jejich celkovému proudu.



Obr. 15. Obvod k řízení dynamiky s germaniovými tranzistory (a) a mikrofonní zesilovač s řízením dynamiky s výstupem s malou impedancí (b)



Obr. 16. Moderní nf zesilovač s volitelným výstupním výkonem do 60 W

Obvod je navržen tak, aby koncovými tranzistory protékal špičkový proud maximálně asi 7 A, takže se tranzistory nemohou poškodit, nebo přetížit. Tzv. rychlá pojistka 1,6 A na výstupu zesilovače chrání zesilovač před poškozením při zkratu na výstupních svorkách. Tranzistor T_5 je proti přetížení při zkratu chráněn stabilizační diodou ZE1,5 a emitorovým odporem 47 Ω.

Pro maximální teplotu okolí 45 °C vyžaduje každý z koncových tranzistorů 2N3055 chladič s teplotním součinitelem (teplotním odporem) menším než 6 °K/W. Jsou-li tranzistory na společném chladiči, musí mít chladič teplotní odpor menší než 3 °K/W. Tranzistory BD107A (BD307A) budiče musí mít chladič o ploše několika cm².

Síťový zdroj zesilovače je velmi jednoduchý. Vzhledem k popsaným stabilizačním a ochranným obvodům zesilovače nemusí být výstupní napětí zdroje stabilizované. Výstupní napětí zdroje se přepíná přepojováním odboček na sekundárním vinutí transformátoru.

Před prvním zapnutím zesilovače je třeba nastavit odporový trimr 470 Ω (500 Ω) na největší odpor. Běžec potenciometru 5 kΩ v bázi tranzistoru T_6 se nastaví na konec odporové dráhy (směrem ke kolektoru T_6). Po připojení napájecího napětí se proměnným odporem 25 kΩ nastaví v bodu *B* poloviční napětí napájecího zdroje. Na výstupu, mezi odpory 0,47 Ω (bod *A*) musí být také poloviční napětí napájecího zdroje ($U_B/2$ s malou tolerancí).

Pak se odporovým trimrem 470 Ω (500 Ω) nastaví kolektorový proud tranzistoru T_5 asi na 5 mA (tento proud odpovídá napěťovému spádu asi 230 mV na emitorovém odporu tranzistoru). Nakonec se potenciometrem 5 kΩ nastaví klidový proud koncových tranzistorů asi na 20 mA (což odpovídá napěťovému spádu asi 10 mV na jednom z dvojice odporů 0,47 Ω koncového stupně.)

Technické údaje zesilovače

Výstupní výkon zesilovače:	15 W při napájecím napětí 29 V,
	30 W při napájecím napětí 40 V,
	60 W při napájecím napětí 56 V.

(V uvedeném rozmezí napájecích napětí lze zvolit libovolné napájecí napětí a tím i odpovídající výkon).

Kmitočtová charakteristika:	25 Hz až 20 kHz, ±1 dB.
Vstupní napětí pro plné vybuzení:	1 V.
Činitel zkreslení při plném vybuzení:	< 0,2 % na 100 Hz,
	< 0,1 % na 1 kHz,
	< 0,25 % na 10 kHz.

Síťový transformátor je na jádru M102a (DIN), primární vinutí má 735 závitů drátu o ∅ 0,35 mm CuL, sekundární vinutí má 77 + 28 + 42 závitů drátu o ∅ 1,2 mm CuL.

Schaltbeispiele ITT

Aktivní pásmová propust

Často se zdá nový a neobvyklý způsob konstrukce obvodů, které jsou běžné v jiném zapojení nebo s jinými součástkami, na první pohled relativně (a zbytečně) složitý. To platí i o konstrukci pásmových propustí tzv. bikvadratickou technikou. Při bližším pohledu však upoutají velmi výhodné vlastnosti propustí, řešených novou technikou – stabilní činnost, velká jakost *Q*, snadná stavba (tři operační zesilovače a minimální počet dalších prvků) a možnost nezávisle řídit a ovlivňovat prakticky všechny parametry. Pásmové propusti tohoto typu jsou velmi výhodné i pro hudební nástroje a všechna možná další nf použití.

Pásmová propust je takový elektrický obvod, který propouští z celého širokého kmitočtového pásma pouze úzkou skupinu kmitočtů. Sériový obvod *RLC* na obr. 17a je jedním druhem pásmových propustí (tzv. jednopólová pásmová propust). Teoreticky lze uvést, že obvod propouští jeden kmitočet s nulovými ztrátami, všechny ostatní kmitočty jsou potlačovány tak, jak je zřejmé z obr. 17a. Propouštěný kmitočet se nazývá též střední kmitočet propusti, nebo též rezonanční kmitočet. Tento kmitočet je určen prvky obvodu podle vztahu

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Další veličinou pásmových propustí je tzv. šířka propouštěného pásma. Uvádí se obvykle jako převrácená hodnota jakosti *Q*, tj. 1/*Q*. Je to šířka propustné křivky pro pokles −3 dB (tj. 0,707 amplitudy). Jakost *Q* lze řídit poměrem induktance obvodu k jeho kapacitanci. Jinak lze *Q* určit ze vztahu

$$Q = \frac{2\pi Lf}{R}.$$

Šířku pásma pásmové propusti lze obvykle vyjádřit vztahem

$$\text{šířka pásma} = \frac{f_h(3\ \text{dB}) - f_d(3\ \text{dB})}{\text{střední kmitočet}}$$

kde f_h a f_d jsou horní a dolní kmitočet pro pokles o 3 dB. Střední kmitočet lze pak určit ze vztahu

$$\text{střední kmitočet} = \sqrt{f_h(3\ \text{dB}) \times f_d(3\ \text{dB})}.$$

Kvalita pásmové propusti je obvykle dána strmostí boků její křivky propustnosti; jednoduchý obvod *RLC* není obvykle pro větší požadavky po této stránce dostatečně kvalitní, pak se několik těchto obvodů řadí za sebou. Konstrukce pasívních pásmových propustí *RLC* má však řadu těžkostí: cívky bývají rozměrné, nesnadno se vinou a jejich indukčnost se obvykle nedá snadno měnit v požadovaném rozmezí jednoduchým způsobem, kromě toho jsou propusti (jejich vlastnosti) citlivé na druh a velikost zátěže. Navíc bývají u propustí potíže s cizími magnetickými poli (cívka) atd.

Proto se časem většinou nahradily pasívní pásmové propusti různými typy aktivních propustí. Jeden z druhů aktivních propustí je zapojení na obr. 17b, jde o tzv. bikvadratickou pásmovou propust. Konstrukce propusti umožňuje nezávisle na sobě řídit zisk obvodu, střední kmitočet, šířku pásma a jakost *Q*.

Změnou odporu R_2 na obr. 17b lze měnit střední kmitočet, změnou odporu R_1 lze měnit jakost *Q* propusti, změny zisku lze dosáhnout změnou odporu R_3.

Závislost středního kmitočtu propusti na jednotlivých prvcích lze snadno zjistit z tab. 2. Při malých změnách středního kmitočtu lze měnit pouze jeden z kondenzátorů *C* a jeden z odporů R_2 (v obvodu prvního operačního zesilovače), při velkých změnách kmitočtu je třeba vyměnit vždy oba kondenzátory a oba odpory. Při větších požadavcích na přesnost

je vhodné, aby jak kondenzátory, tak i odpory byly shodné. Při nastavování kmitočtu jedním odporem R_2 je třeba mít na paměti, že změně odporu v poměru 9 : 1 odpovídá změna kmitočtu 3 : 1.

Při použití operačních zesilovačů typu 741 lze získat jako střední kmitočet až několika kHz, a to ještě při dobré jakosti Q. Na nízkých kmitočtech lze snadno dosáhnout jakosti 50 až 200 a obvod je stále velmi stabilní. Pro vyšší střední kmitočty a pro větší jakosti Q je třeba použít jakostní operační zesilovače, např. typu LM318.

Vlastnosti obvodu (pásmové propusti) nezávisí na napájecím napětí, pouze při velmi malých napájecích napětích, je-li odpor R_1 velmi velký, se může propust rozkmitat, což je kromě jiného způsobeno fázovými posuvy uvnitř operačních zesilovačů. Při napětí alespoň 8 V nebezpečí rozkmitání však nehrozí.

Přenosová rovnice obvodu je dána vztahem

$$\frac{U_{výst}}{U_{vst}} = \frac{\frac{1}{R_3C}S}{S^2 + \frac{1}{R_1C}S + \frac{1}{(R_2C)^2}}$$

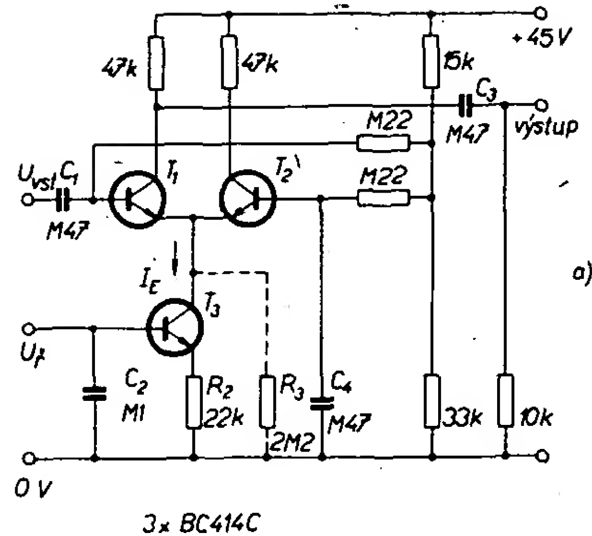
kde $S = -j\omega = -j2\pi f$.

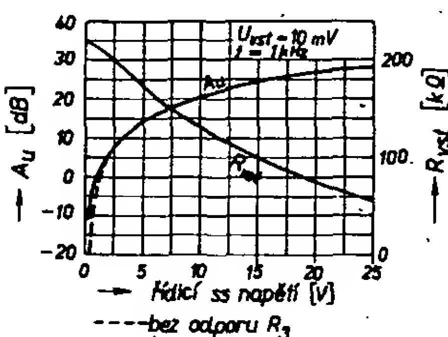
Rovnice platí pro všechny kmitočty, pro něž lze zanedbat mezní kmitočty operačních zesilovačů, a je-li $R_4 = R_5$.

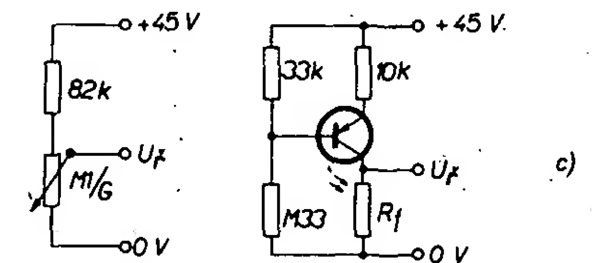
Obvod má ještě jedno zajímavé použití. Odstraní-li se odpor, který určuje Q obvodu, bude obvod schopen oscilovat, zvětší-li se (zkusmo) značně odpor R_4 (nebo, jak již bylo uvedeno, zmenší-li se napájecí napětí). Z propusti pak bude oscilátor, generující sinusové kmity s velmi malým zkreslením.

Obvod lze též používat jako horní nebo dolní propust, v této verzi nemá však proti běžným pasívním propustem žádné zvláštní přednosti.

Radio-Electronics květen 1974







Obr. 18. Zesilovač s elektronicky řízeným zesílením; a – celkové zapojení, b – závislost napěťového zisku a vstupního odporu na budicím stejnosměrném napětí, c – regulovatelný zdroj stejnosměrného budicího napětí, vlevo s potenciometrem, vpravo s fotoodporem

Elektronické řízení zesílení

V některých případech je vhodné, popř. nezbytné řídit zesílení obvodu nebo obvodů elektronicky, např. při dálkovém ovládání hlasitosti, nebo tehdy, chceme-li řídit hlasitost (zesílení) v několika kanálech tak, aby bylo přesně stejné při jakémkoli nastavení ovládacího prvku (tzn. nahrazujeme jím vícenásobný tandemový potenciometr).

Zapojení elektronicky ovládaného obvodu je na obr. 18a. U obvodu lze dálkově řídit napěťové zesílení a obvodů lze řadit libovolný počet paralelně. Zapojení je určeno k zesilování nf signálů o úrovni asi 10 mV. Řídicí stejnosměrné napětí, jímž měníme zesílení, se může pohybovat asi od 0,6 do 25 V – tím se dosáhne změn v zesílení v rozsahu asi 40 dB.

K řízení zesílení slouží diferenční souměrný zesilovač s tranzistory T_1 a T_2. Zesilovaný signál se přivádí na bázi tranzistoru T_1, báze tranzistoru T_2 je „střídavě" uzemněna přes kondenzátor 0,47 μF.

Napěťové zesílení podobných diferenčních zesilovačů je proporcionální jejich emitorovému proudu. Protože je v emitorech tranzistorů zapojen zdroj konstantního proudu (tranzistor T_3), který lze ovládat řídicím napětím, lze řídicím napětím měnit v libovolném rozmezí i zesílení diferenčního zesilovače. Závislost zesílení a vstupního odporu zesilovače na velikosti řídicího napětí $U_ř$ je na obr. 18b. Chceme-li zabránit tomu, aby bylo zesílení obvodu při řídicím napětí menším než 0,6 V nulové, nastavíme určitou minimální velikost emitorového proudu tranzistorů diferenčního zesilovače výběrem odporu R_3; tím je dáno i určité minimální zesílení obvodu. Maximální emitorový proud tranzistorů je určen jednak horní hranicí řídicího napětí a jednak emitorovým odporem R_2. K řízení zesílení v rozmezí asi 40 dB by měl být poměr odporů R_2 ku R_3 asi 1 : 100.

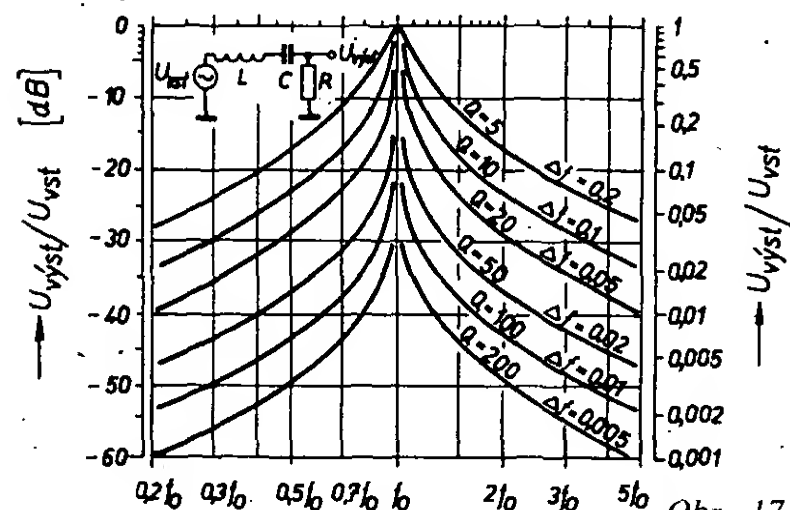
Základní technické údaje

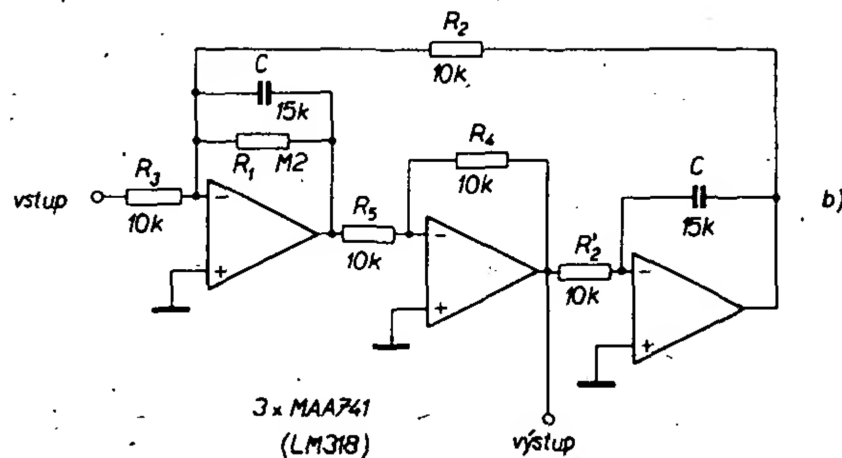
Napěťové zesílení při řídicím napětí + 25 V:	28 dB.
Napěťové zesílení při řídicím napětí 0 V:	−12 dB.
Nastavitelný rozsah zesílení:	40 dB.
Vstupní odpor:	větší než 55 kΩ.
Výstupní odpor:	menší než 10 kΩ.
Mezní kmitočty:	dolní asi 30 Hz, horní asi 100 kHz.

Tab. 2. Střední kmitočet propusti a odpovídající součásti

Kmitočet	Kondenzátor C	Jakost obvodu Q	Odpor R_1
10 Hz	15 μF	0,5	5 kΩ
20 Hz	7,5 μF	1	10 kΩ
50 Hz	3,3 μF	2	20 kΩ
100 Hz	1,5 μF	5	50 kΩ
200 Hz	0,75 μF	10	0,1 MΩ
500 Hz	0,33 μF	20	0,2 MΩ
1 kHz	15,9 nF	50	0,51 MΩ
2 kHz	7,5 nF	100	1,2 MΩ
5 kHz	3,3 nF	200	3,3 MΩ
10 kHz	1,5 nF	500	10 MΩ

Je-li odpor R_3 = 10 kΩ, je jakost obvodu Q,
R_3 = 0,1 MΩ, je jakost obvodu Q/10,
R_3 = 1 kΩ, je jakost obvodu 10 × Q, atd.





Obr. 17. Aktivní nf pásmová propust; a – tzv. jednopólový filtr RLC a jeho obecné charakteristiky. Šířka propouštěného pásma je dána jakostí Q obvodu, f_o je rezonanční kmitočet, b – tzv. bikvadratická pásmová propust, v níž se místo indukčností používají operační zesilovače, zapojení umožňuje nezávisle regulovat zisk, střední (rezonanční) kmitočet i šířku propuštěného pásma. Součástky v obrázku platí pro f_o = 1 000 Hz, jakost Q = 20, zesílení A_u = 20 (za rezonance). Napájecí napětí může být 9 až 12 V, operační zesilovače mohou být typu 741, 1558 nebo 5558 (MAA741)

Dolní mezní kmitočet zesilovače je určen kapacitou kondenzátorů C_1, C_3 a C_4. Kondenzátor C_2 vyhlazuje řídicí napětí, aby se jeho případné zvlnění (brum) nemohlo projevit v zesilovaném signálu. Kapacitu C_2 je vhodné určit zkusmo podle požadavků na jakost zesilovaného signálu.

Na obr. 18c jsou dva možné způsoby získání řídicího napětí. V levé části obr. 18c se řídicí napětí získává potenciometrem s logaritmickým průběhem z kladného napětí +45 V. V pravé části obrázku se řídicí napětí získává z obvodu s tranzistorem BC251B (křemíkový nf tranzistor p-n-p), v jehož kolektoru je zapojen fotoodpor. Tranzistor je zapojen jako zdroj konstantního proudu asi 0,25 mA, aby se dosáhlo co nejlineárnější závislosti mezi odporem fotoodporu a velikostí řídicího napětí.

Toto druhé zapojení k získání řídicího napětí se nejvíce hodí, jak uvádí autor původního článku, k řízení hlasitosti většího počtu nf kanálů u elektronických hudebních nástrojů, nebo při ovládání hlasitosti nohou (u varhan).

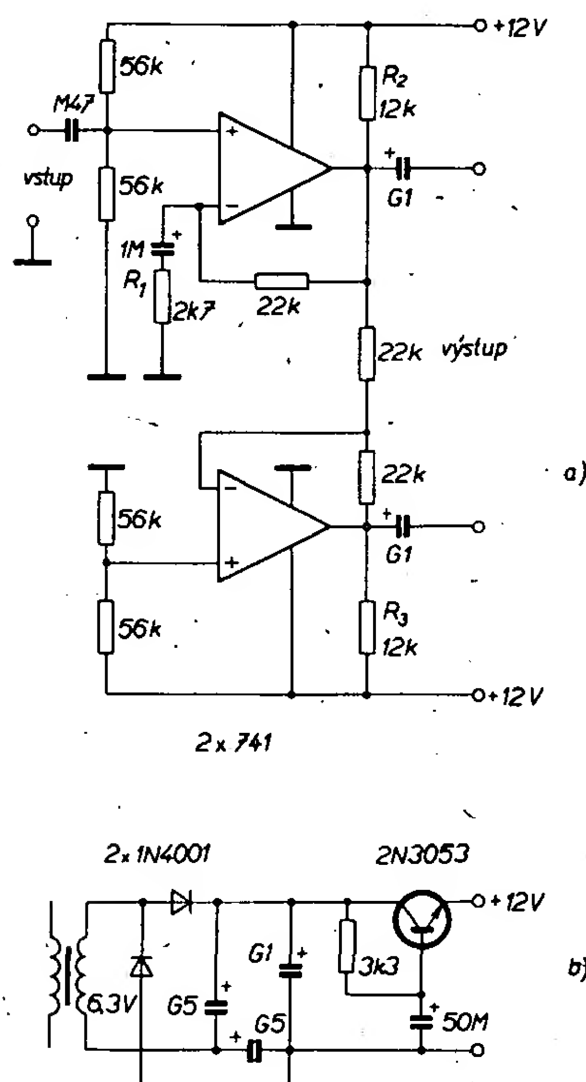
Funktechnik č. 8/1972
ITT-Schaltbeispiele

Zesilovač s nesouměrným vstupem a souměrným výstupem

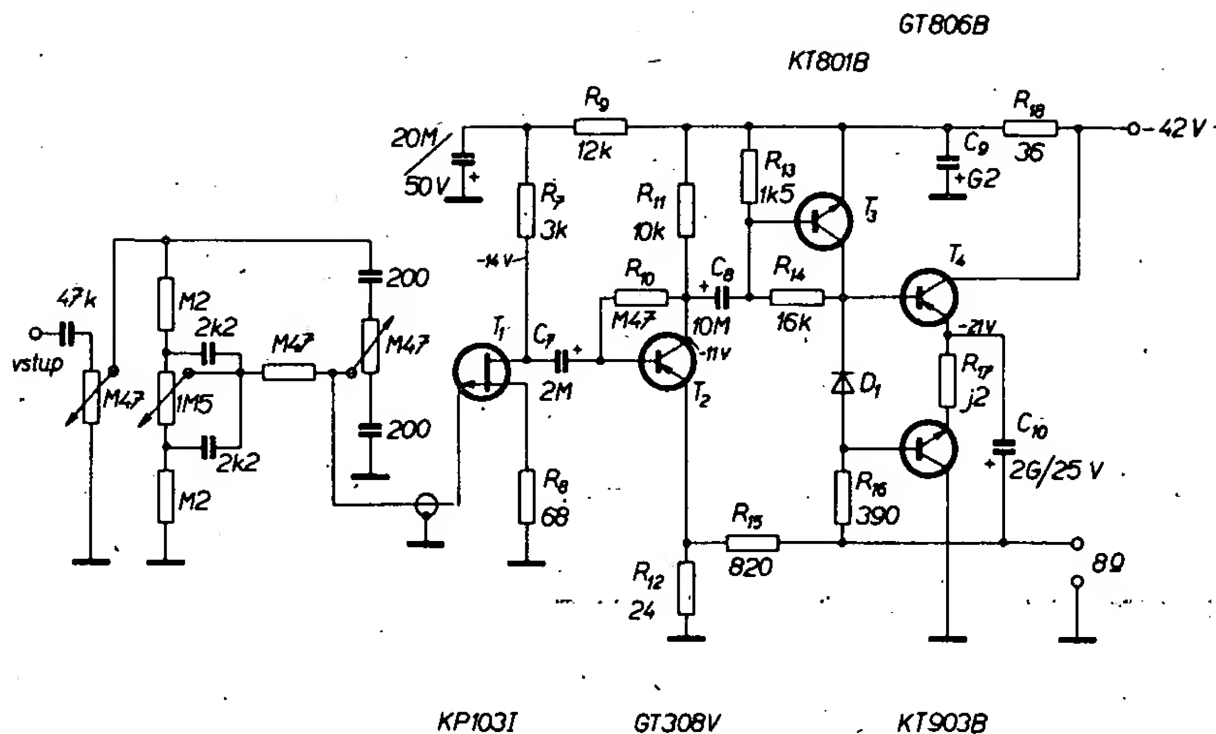
Zapojení na obr. 19 slouží k převedení nesouměrného signálu na vstupu na souměrný výstupní signál, který může být použit např. k buzení elektronkových předzesilovačů.

V originálním zapojení byly použity operační zesilovače typu 741, lze však použít i jiné zahraniční typy, jako např. LM307, nebo dvojitý operační zesilovač typu 747 (dva zesilovače 741 ve společném pouzdru). Kmitočtová charakteristika zesilovače je rovná v mezích od 10 Hz do 20 kHz, zkreslení je menší než 0,1 % na kmitočtu 800 Hz při zatěžovacím odporu 600 Ω. Přechodové zkreslení je zmenšeno na minimum použitím odporů R_2 a R_3. Zisk obvodu je asi 20 dB, lze ho však zmenšit zvětšením odporu R_1.

Napájecí zdroj je jednoduchý, je použito žhavicí vinutí transformátoru a zdvojovač



Obr. 19. Nf zesilovací stupeň s nesouměrným vstupem a souměrným výstupem (a) a vhodný zdroj napájecího napětí (b)



Obr. 20. Jednoduchý nf zesilovač s doplňkovými tranzistory. T_1 by bylo možno nahradit naším typem KF520 nebo 521, ostatní tranzistory jsou běžné nf tranzistory. Koncovou dvojici výkonových tranzistorů by bylo možno nahradit našimi typy z řady NU73 (NU74) a z řady KU (KD)

napětí. Napájecí napětí je upraveno sériovým regulátorem. Vyhlazení napájecího napětí závisí na kapacitě kondenzátoru v bázi tranzistoru a na jeho proudovém zesilovacím činiteli.

Tranzistor zdroje lze nahradit tuzemským typem z řady KF500, např. KF506 až 508, popř. KFY34 nebo KFY46.

Wireless World prosinec 1975

Nízkofrekvenční zesilovač

Zesilovač na obr. 20 je určen k zesilování signálů z piezoelektrické vložky gramofonu.

Základní technické údaje

Jmenovitý výstupní výkon:	8 W.
Nelineární zkreslení při jmenovitém výstupním výkonu:	menší než 1 %.
Kmitočtová charakteristika pro ±1 dB:	30 až 18 000 Hz.
Citlivost zesilovače:	180 mV.
Odstup hluku:	–60 dB.
Regulace výšek a hloubek:	16 dB.
Výstupní odpor zesilovače:	menší než 1 Ω.
Zatěžovací impedance:	8 Ω.
Napájecí napětí:	síť 220 V.

Základní schéma zesilovače je na obr. 20. Signál z gramofonové vložky je přes kondenzátor veden na regulátor hlasitosti a z něho na regulátory hloubek a výšek. Výstup z regulátoru barvy zvuků je veden stíněným kabelem na vstup zesilovače, na předzesilovací stupeň s tranzistorem řízeným polem. Druhý stupeň zesilovače je tvořen germaniovým tranzistorem p-n-p, třetí křemíkovým tranzistorem n-p-n. Koncová dvojice doplňkových tranzistorů je také tvořena germaniovým tranzistorem p-n-p (T_4) a křemíkovým tranzistorem n-p-n. Koncové tranzistory jsou zapojeny jako souměrný emitorový sledovač.

Změny teploty okolí a jejich vliv na činnost koncového stupně zesilovače jsou kompenzovány odporem R_{17} a diodou D_1. Poslední tři stupně zesilovače jsou vázány silnou zápornou zpětnou vazbou z výstupu zesilovače. Zpětnovazební napětí se vede přes odpor R_{15} do emitoru druhého tranzistoru.

Napájecí zdroj má usměrňovač v můstkovém zapojení, napájecí napětí není stabilizováno. Síťový transformátor je na jádru EI 16 × 25 mm, jeho primární vinutí má 1800 z drátu o ⌀ 0,29 mm, sekundární vinutí má 265 z drátu o ⌀ 0,64 mm CuL. Odpor R_{17} nf zesilovače je navinut nikelinovým drátem o ⌀ 0,3 mm.

Nastavovacími prvky zesilovače jsou odpor R_{14}, jímž se nastavuje souměrnost buzení koncových tranzistorů, R_9 k nastavení vhodných pracovních podmínek vstupního tranzistoru a R_{10} k nastavení maximálního zesílení stupně s tranzistorem T_2. Koncové tranzistory jsou na chladičích o ⌀ 53 mm.

Radio (SSSR) č. 8/1975

Měřicí technika

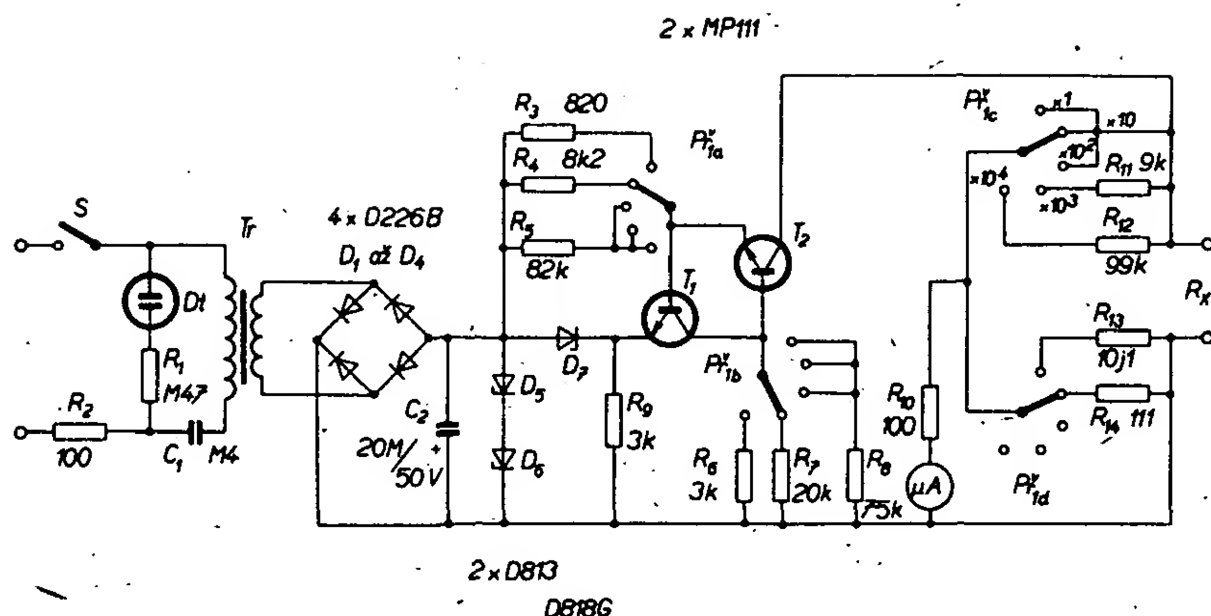
Víceúčelový ohmmetr

K měření odporů se používají nejrůznější ohmmetry, často však nelze s běžnými ohmmetry měřit velmi malé a velmi velké odpory. Ohmmetr na obr. 21 má pět měřicích rozsahů a umožňuje měřit odpory od 0,1 Ω do 10 MΩ. Měřicí napětí bylo zvoleno tak, aby nebylo nebezpečí, že se jím prorazí např. měřené polovodičové prvky.

Ohmmetr je založen na měření proudu odpory, k nimž se paralelně připojuje měřený odpor. Stupnice měřicího přístroje je nelineární. Přístroj se napájí ze sítě 220 V.

Zapojení přístroje lze po funkční stránce rozdělit na tři základní obvody: zdroj napájecího napětí se stabilizátorem, stabilizátor proudu a obvod s měřidlem, bočníky a předřadnými odpory.

Ke zdroji napájecího napětí patří síťový transformátor se sekundárním napětím asi 20 V (na Zenerových diodách D_5, D_6 musí být stejnosměrné napětí asi 23 až 26 V), diodový usměrňovací můstek (diody lze zaměnit za naše typy např. KY705, popř. KY130/300 nebo pod.), vyhlazovací kondenzátor 25 μF a stabilizační diody D_5 a D_6. Na primární straně síťového transformátoru je zapojen jednak obvod k indikaci zapnutí



Obr. 21. Jednoduchý ohmmetr. Ohmmetrem lze měřit odpory 0,1 Ω až 10 MΩ

přístroje (doutnavka v sérii s odporem) a jednak odpor R_2 a kondenzátor C_1. Toto uspořádání umožňuje použít transformátor se stejným počtem závitů na primární i sekundární straně, na druhé straně se však na diodách v usměrňovacím můstku může při zapnutí přístroje objevit až napětí sítě – vzhledem k tomu je třeba vybírat typy usměrňovacích diod.

Přístroj lze napájet i z baterií, např. pěti plochými bateriemi v sérii. Pak lze vypustit ze zapojení stabilizační diody. Obvod stabilizátoru proudu je sestaven z tranzistorů T_1 a T_2, stabilizační diody D_7 a odporů R_3 až R_9. Princip jeho činnosti je založen na porovnávání spádu napětí v obvodu emitoru a báze tranzistoru T_1.

Měřicí část přístroje se skládá z mikroampérmetru, předřadných odporů R_{10} až R_{12} a z bočníků R_{13}, R_{14}. Odpor R_{10} má být vybrán tak, aby spolu s vnitřním odporem měřidla byl 1000 Ω. Mikroampérmetr má základní měřicí rozsah 100 μA. Stupnice měřidla se konstruuje na základě vztahu

$$I = \frac{I_O R_x}{n(R + R_x)},$$

kde I je proud mikroampérmetrem,
- I_O proud stabilizátorem proudu,
- R_x měřený odpor,
- R vnitřní odpor měřidla + příslušný předřadný odpor nebo bočník,
- n součinitel děliče proudu s právě připojeným bočníkem.

Pro rozsah „× 1" je n = 100, pro „× 10" je n = 10, pro ostatní rozsahy je n = 1.

Použité germaniové tranzistory lze nahradit křemíkovými typu KT312B, KT315A (lze použít naše typy KC507, KC508). Stabilizační diody D_5 a D_6 jsou vybrány tak, aby jejich Zenerovo napětí bylo 23 až 26 V, přičemž vzhledem k teplotní stabilitě je vhodné, aby byly použity diody se vzájemně se kompenzujícím teplotním součinitelem (z našich např. 1NZ70 + 8NZ70, nebo nové typy KZ260/5V1 + KZ260/18). Transformátor je na jádru EI 10 × 10 mm, primární i sekundární vinutí má 1200 z drátu o Ø 0,15 mm CuL.

Při uvádění do chodu se do kolektoru tranzistoru T_2 zapojí miliampérmetr s rozsahem do 10 mA, spolu s odporem 1 kΩ. Přepínač $Př_1$ je přepnut na rozsah „× 1". Po připojení napájecího napětí se upraví odpor R_3 tak, aby miliampérmetr měl plnou výchylku ručky (10 mA). Přitom se proud nesmí měnit ani při zkratování odporu 1 kΩ (o více než 1 %).

Stejně se postupuje na rozsazích vyšších, tj. „× 10" a „× 100". Miliampérmetrem se musí naměřit proud 1 a 0,1 mA, odpory v sérii s měřidlem jsou 10 a 100 kΩ.

Krajní polohy ručky měřidla na jednotlivých rozsazích se nastavují výběrem odporů R_{10} až R_{14}. Na všech rozsazích musí pak ručka být na nule při zkratování vstupních svorek měřidla a na ∞ při rozpojených vstupních svorkách.

Závěrem ještě tabulkový přehled základních vlastností měřicího přístroje:

rozsah	násobič stupnice	měřicí proud [mA]	měřicí napětí [V]
1	1	10	0,1
2	10	1	0,1
3	10^2	0,1	0,1
4	10^3	0,1	1
5	10^4	0,1	10

Radio (SSSR) č. 6/1975

Digitální měřič kapacity

Úvodem článku autor uvádí, že se pro konstrukci tohoto měřiče kapacit rozhodl z několika důvodů: především proto, že měření je přesné a rychlé i při velkém počtu měřených kondenzátorů, a že jeho konstrukce odpovídá době integrovaných obvodů a dobře čitelných displejů.

Měřič kapacity má tyto základní přednosti a vlastnosti:

- měří kapacity od 1 pF do 1 μF ve dvou rozsazích;
- displej je čtyřmístný a má indikaci přeplnění;
- přesnost je lepší než ±0,1 % plného rozsahu ±1 digit pro kondenzátory větších kapacit v obou rozsazích, základní rozlišovací schopnost je 1 pF;
- přístroj není třeba „zahřívat" před měřením, lze měřit ihned po připojení napájecího napětí;
- měření je velmi jednoduché, přístroj má pouze dva nastavovací prvky, nastavení nuly a přepínač rozsahů;
- celý přístroj má velmi malé rozměry a je (kromě zdroje) na dvou malých deskách s plošnými spoji.

Základní princip činnosti je velmi jednoduchý a je dobře známý, je však použit neobvyklým způsobem. Přístroj pracuje podle blokového schématu na obr. 22a. Jeho „srdcem" je monostabilní multivibrátor, který generuje hradlovací impulsy. Délka těchto impulsů je přímo úměrná kapacitě měřeného kondenzátoru C_x. Bez kondenzátoru C_F je maximální délka impulsů asi 25 μs, kmitočet krystalového oscilátoru musí pak být 40 MHz, aby se na displeji objevilo 1000. Vzhledem k délce přívodních vodičů, k brumu atd. nebyl by údaj displeje stabilní, především při měření kapacit menších než 100 pF. S kondenzátorem C_F a bez C_x byl čítač nulován na 9000 a čítal do 10 000, na displeji byla však první číslice potlačena a displej ukazoval 0000, údaj při měření byl stabilní; stejně tak pro vyšší rozsah byl čítač nulován na 9990. Nulování obvodů je v tomto případě poněkud složitější a indikátor přeplnění musí být dvoustupňový čítač – to však při konstrukci nepřináší žádné zvláštní potíže.

Poměr měřicích rozsahů je 1:100, aby se dosáhlo přesného čtení i na rozsahu *2*, musí se základní kmitočet 40 MHz dělit stem, tj. musí být 400 kHz.

Poslední částí měřiče je časovací obvod. Generuje spínací impulsy pro monostabilní multivibrátor, vybavovací impulsy a nulovací impulsy pro čítače.

K indikaci nezaokrouhlených kapacit, např. 17,5 pF, se používá zvláštní „finta". Na displeji v tomto případě se střídavě rozsvěcují číslice 17 a 18 s kmitočtem asi 2 Hz. Časovací oscilátor kmitá na kmitočtu 20 Hz a jeho kmitočet je dělen 10 jedním obvodem SN7490.

Jak již bylo řečeno, měřič kapacity je na dvou deskách s plošnými spoji – na jedné je kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění, na druhé krystalový oscilátor, monostabilní multivibrátor, časovací obvody a hradla.

Kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění

Kmitočtový čítač je čtyřstupňový. Indikátor přeplnění reaguje pouze na každý druhý impuls, jak již bylo řečeno, z posledního desítkového čítače. Jako desítkové čítače jsou použity obvody SN7490, kromě prvního z nich, který je typu SN74196, neboť zpracovává signál o kmitočtu 40 MHz. K buzení sedmisegmentových číslic displeje se používají obvody SN7475 a SN7447A. V indikátoru přeplnění se používají obvod SN7473, spínací tranzistor a dioda LED. Zapojení této části přístroje je běžné a je na obr. 22b.

Oscilátor, monostabilní multivibrátor a hradla

Oscilátor v zapojení podle obr. 22c s krystalem libovolného kmitočtu v mezích 35 až 45 MHz (používá se 3. harmonická) má dostatečné výstupní napětí k buzení oddělovacího stupně s hradlem IO_{14A} (SN75H00). Cívka L_1 je zvolena tak, aby s kondenzátorem C_0 rezonovala na kmitočtu oscilátoru. Vazební vinutí má asi 2 z na studeném konci primárního vinutí. Pracovní podmínky celého oddělovacího obvodu s tranzistorem BSX20 musí být nastaveny tak, aby na výstupu hradla IO_{14A} bylo vf napětí větší než 2 V. Výstupní vf napětí z tohoto hradla se vede na další hradla a dělí se stem obvody IO_{15} a IO_{16}. Na výstupu *11* IO_{16} je tedy signál o kmitočtu 400 kHz.

Polovina obvodu IO_{17} (dvojitý Schmittův klopný obvod) pracuje jako oscilátor, kmitočet je určen kapacitou kondenzátoru (50 μF, tantal) a odporem 470 Ω. Signál z tohoto oscilátoru o kmitočtu 20 Hz se vede na IO_{18} (desítkový čítač). Výstupy B, C, a D tohoto obvodu poskytují spínací, nulovací a vybavovací impulsy. Spínací impuls z vývodu *8* IO_{18} je upraven (natvarován) v druhé polovině IO_{17} a veden na IO_{21} (monostabilní multivibrátor s SN74121), který generuje impulsy, jejichž délka je přímo úměrná kapacitě měřeného kondenzátoru (+ C_F). Tyto impulsy (na výstupu *6* IO_{21}) se vedou na jeden ze vstupů hradla IO_{14D} a z jeho výstupu do čítače.

Vybavovací impulsy se získávají na výstupech *8* a *9* obvodu IO_{18} a vedou na hradlo B obvodu IO_{19}. Protože jsou impulsy negativní, jsou invertovány jedním z invertorů obvodu SN7404 (obvod D IO_{20}).



Obr. 22. Měřič kapacity 1 pF až 10 μF se dvěma měřicími rozsahy; a – blokové schéma, b – kmitočtový čítač a displej s indikátorem přeplnění, c – krystalový oscilátor, oscilátor 20 Hz, monostabilní multivibrátor a časovací obvody, d – napájecí zdroj



Nulovací impulsy *1* a *4* (reset 1, reset 4, popř. R_1, R_4) jsou získávány z výstupu *11* obvodu IO_{18} pomocí IO_{19A}. Jsou záporné; k získání kladných impulsů slouží invertor IO_{20A} (R_2).

Pro první rozsah měření musí být impulsy R_3 kladné. Je-li přepínač rozsahů v poloze *1*, je otevřeno hradlo IO_{19C}, jeho výstupní impulsy však mají zápornou polaritu, proto jsou invertovány invertorem IO_{20C}. Výstup R_2 má úroveň log. 0 a IO_{19D} je blokován.

Je-li přepínač rozsahů v poloze *2*, musí být impulsy R_2 kladné. Proto je otevřeno hradlo IO_{19D}, zatímco hradlo IO_{19C} je blokováno a na výstupu R_3 je úroveň log. 0.

Přístroj je napájen jednoduchým napáječem s integrovaným stabilizátorem napětí. Napájecí zdroj je na obr. 22d.

73 Magazine leden 1976

Jednoduchý vysokofrekvenční voltmetr s operačním zesilovačem

Přístroj na obr. 23 je jednoduchý širokopásmový voltmetr, jímž lze měřit napětí od stejnosměrných napětí až po střídavá napětí o kmitočtu až 20 MHz do 90 V v pěti rozsazích.

Základním článkem přístroje teplotní měnič, který se skládá z odporu (rovný odporový drát), který je zapojen v sérii s předřadnými odpory jednotlivých rozsahů voltmetru. Ve středu odporu je připevněn termoelektrický článek, jímž se měří (snímá) teplota uprostřed odporového drátu. Na výstupu termoelektrického článku je tedy potom stejnosměrné napětí, úměrné čtverci proudu, procházejícímu odporem. Tato závislost je zřejmá z obr. 23a a slouží ke kalibraci stupnice voltmetru.

Důležitou vlastností teplotního měniče je, že jeho charakteristika je relativně nezávislá na tvaru a kmitočtu procházejícího napětí (proudu). Proto lze dosáhnout dobrého souhlasu stupnice pro stejnosměrné i střídavé napětí obvykle až do kmitočtu 10 MHz, do 60 MHz bývá maximální chyba asi 3 dB (vzhledem k měřicímu rozsahu 0 až 10 MHz).

Odpory R_1 až R_4 tvoří dělič napětí, odpory jsou vybrány tak, aby na teplotním měniči bylo vždy napětí maximálně 0,45 V. Výstupní stejnosměrné napětí z měniče se přivádí na neinvertující vstup operačního zesilovače, který je zapojen jako stejnosměrný zesilovač. Zesílení operačního zesilovače je určeno odpory R_5 a R_6. Výstupní zesílené napětí se měří mikroampérmetrem 0 až 50 μA. Nula měřidla se nastavuje potenciometrem R_8 (odporovým trimrem), ke kalibraci obvodu a měřidla slouží proměnný odpor R_7.

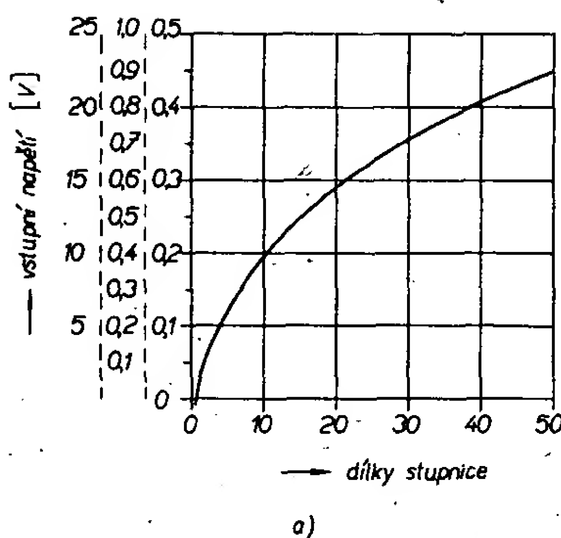
Při uvádění do chodu se před připojením napájecího napětí nastaví běžec odporového trimru R_7 do středu odporové dráhy. Po připojení napájecího napětí je třeba vyčkat několik minut, až se ustálí teplotní podmínky. Pak se potenciometrem R_8 nastaví nula měřidla.

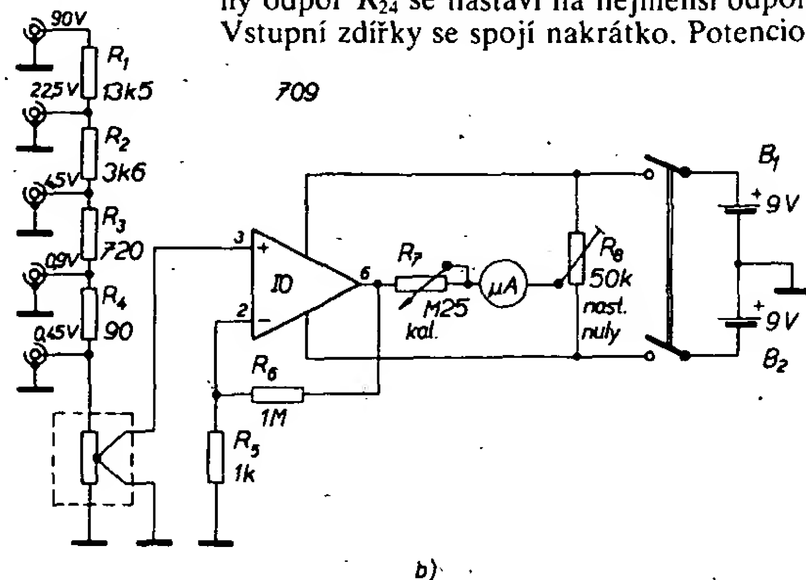
Na vstup přístroje se pak připojí známé stejnosměrné napětí. Nejvhodnější je použít napětí kolem 20 V. Asi po 10 sekundách se proměnným odporem R_7 nastaví na stupnici měřidla taková výchylka ručky, jaká odpovídá podle kalibrační křivky měřenému napětí.

Odpory vstupního děliče je ovšem třeba předem upravit podle vlastností teplotního měniče. Měnič by bylo možno realizovat i amatérsky podle pokynů ve Škole měřicí techniky, která vychází na pokračování v AR série A.

Operační zesilovač typu 709 lze nahradit naším typem z řady MAA500. Konstrukcí tohoto měřiče lze získat pravděpodobně nejlevnější vf voltmetr, jaký je možno amatérskými prostředky zhotovit. Navíc je přesnost voltmetru zcela vyhovující především k rychlým orientačním měřením. Jedinou podstatnou nevýhodou voltmetru na tomto principu je závislost přesnosti měření na teplotě okolí, i tu lze však konstrukcí značně omezit.

Popular Electronics leden 1976





Obr. 23. Vysokofrekvenční voltmetr; a – kalibrační křivka přístroje, b – schéma zapojení. Operační zesilovač typu 709 lze nahradit beze změny součástek našimi typy z řady MAA500

Jednoduchý voltmetr s tranzistorem FET

Jednoduchý voltmetr dobrých vlastností k měření stejnosměrných napětí až do 500 V je na obr. 24. K získání velkého vstupního odporu (10 MΩ) se v zapojení používá tranzistor typu FET BFW61 s kanálem typu n, který je zapojen jako emitorový (source) sledovač. Jednotlivé rozsahy se volí přepínačem, jímž se mění bočníkové odpory mezi řídicí elektrodou FET a zemí. Odpory jsou vybrány tak, aby mezi zemí a řídicí elektrodou FET bylo napětí 200 mV pro plnou výchylku ručky. Velký vstupní odpor tranzistoru FET a záporná zpětná vazba na neblokovaném odporu v emitoru (source) tranzistoru FET zaručují vstupní odpor 10 MΩ i na nejnižších měřicích rozsazích.

Potenciometrem (proměnným odporem) R_{24} se nastavuje plná výchylka ručky na základním měřicím rozsahu 250 mV. (Proměnným odporem R_{24} se kompenzuje rozdíl v parametrech jednotlivých kusů použitého typu tranzistoru FET.) Na všech ostatních rozsazích se maximální výchylka ručky nastavuje změnou polohy proměnných odporů v sérii s pevnými odpory vstupních děličů.

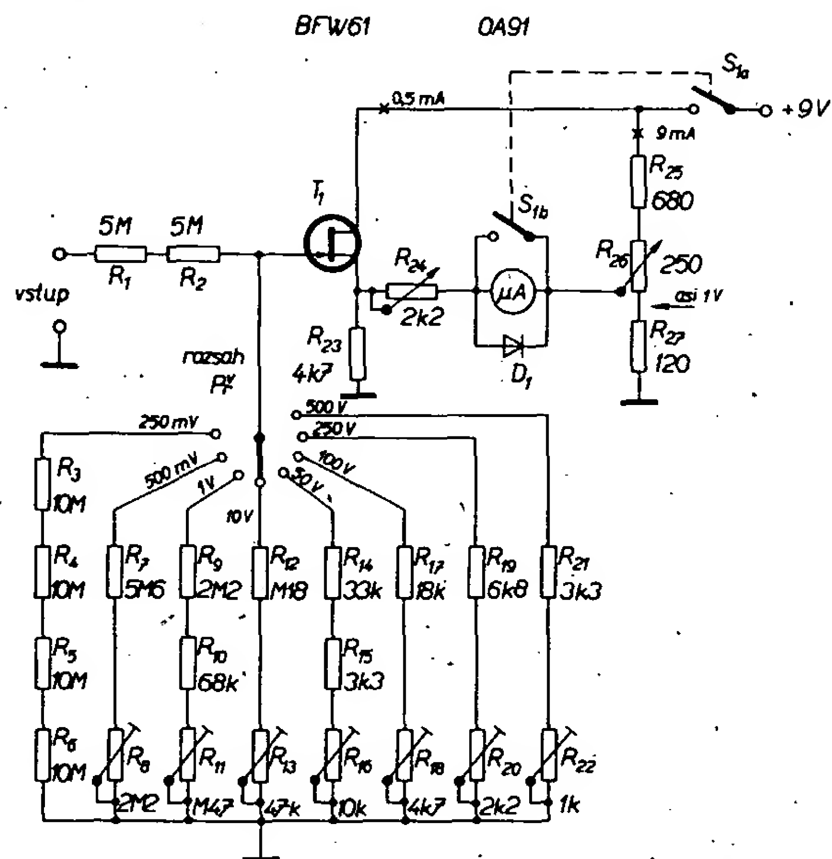
Drátový odpor R_{26} je umístěn na čelním panelu a nastavuje se jím nulová poloha ručky měřidla při zkratovaných vstupních svorkách před započetím měření.

Nastavení přístroje: přepínač rozsahů se přepne na základní rozsah 250 mV. Proměnný odpor R_{24} se nastaví na nejmenší odpor. Vstupní zdířky se spojí nakrátko. Potenciometrem R_{26} se nastaví nula měřidla. Krátký spoj mezi zdířkami se odstraní. Na vstupní zdířky se přivede napětí přesně 250 mV. Proměnným odporem R_{24} se nastaví plná výchylka ručky měřidla. Popsané kroky se opakují tak dlouho, až je nulová a maximální výchylka ručky stálá. Přístroj se dále přepne na rozsah 500 mV, zkratováním vstupních zdířek se zjistí, zda je nulová výchylka ručky stálá, v opačném případě je třeba opakovat předchozí nastavovací postupy. Je-li ručka na nule, odstraní se krátký spoj mezi svorkami a na vstup se přivede napětí přesně 500 mV. Plná výchylka ručky se nastaví změnou polohy běžce proměnného odporu R_8. Stejně se postupuje na dalších rozsazích.

Vstupní tranzistor by bylo možno nahradit našimi typy MOSFET; dioda může být libovolná dioda na nejmenší napětí.

Radio-Electronics leden 1974

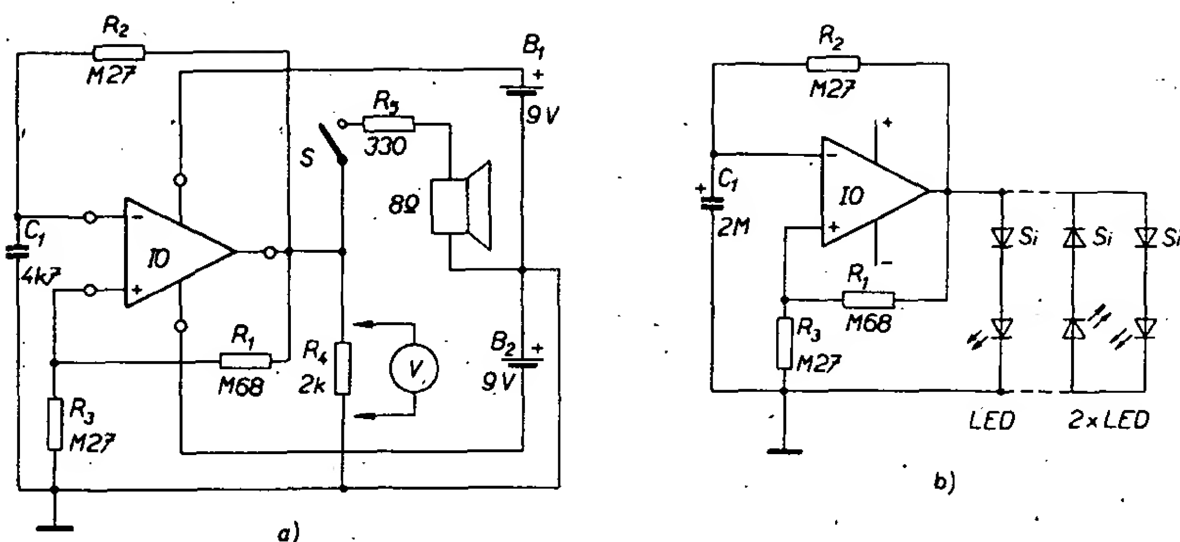
Educational Projects in Electronics (Mullard)

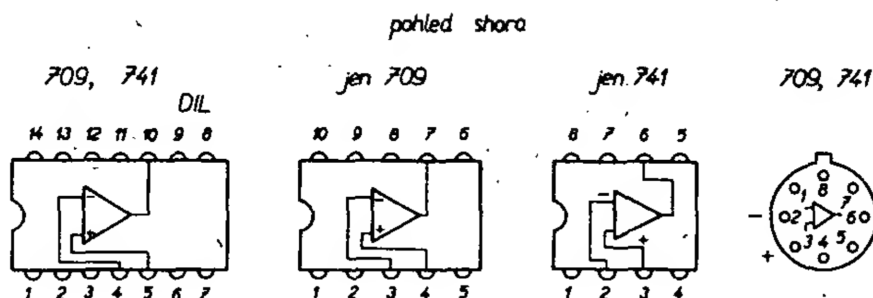


Obr. 24. Jednoduchý voltmetr s tranzistorem FET s velkým vstupním odporem a s osmi měřicími rozsahy. FET je s kanálem typu n

Základní pokusy s operačními zesilovači

Protože se připravuje od začátku roku 1977 velké zlevnění polovodičových součás-





vývod č.	709	741	709	741	709	741
1	–	–	–	ofset nul.	vst. komp	ofset nul.
2	–	–	vstup komp	– vstup	– vstup	– vstup
3	vst. komp.	nul. ofset	– vstup	+ vstup	+ vstup	+ vstup
4	– vst.	– vst.	+ vstup	– U	– U	– U
5	+ vst.	+ vst.	– U	ofset nul.	výst. komp	ofset nul.
6	– U	– U	výst. komp.	výst.	výst.	výstup
7	–	–	výstup	+ U	+ U	+ U
8	–	–	+ U	–	vst. komp.	–
9	výst. komp.	nul. ofset*	vst. komp.			
10	výst.	výst.	–			
11	+ U	+ U				
12	vst. komp	–				
13	–	–				
14	–	–				

c)

Obr. 25. Jednoduché zapojení ke zkoušení operačních zesilovačů (a); oscilátor 1 Hz s operačním zesilovačem s indikací rozkmitání diodou (nebo diodami) LED (b), přehled typů 709 a 741

tek, budou přístupnější i ty součástky, které byly dosud běžnému smrtelníku nedostupné vzhledem k jejich značné ceně. Současně by měly přijít na trh i další součástky, jako nové polovodičové operační integrované zesilovače typu 741, později snad i typu 748 atd.

Použitím operačních zesilovačů typu 741 se dále velmi podstatně zjednoduší konstrukce nejrůznějších zařízení, z nichž jmenujme alespoň nf zesilovače, aktivní regulátory barvy zvuku, předzesilovače apod. Základním předpokladem k používání jakýchkoli součástek je možnost ověřit si, jsou-li dobré nebo vadné. Nejjednodušší zapojení ke zkoušení operačních zesilovačů je na obr. 25a. K realizaci zkušebního zapojení je třeba pouze zdroj napájecího napětí a reproduktor (kromě několika odporů a kondenzátoru). Ve zkušebním zapojení je operační zesilovač zapojen jako volně kmitající oscilátor s výstupním napětím pravoúhlého průběhu. Celé zapojení pracuje jako multivibrátor. Činnost operačního zesilovače lze v tomto zapojení jednoduše posoudit změřením výstupního napětí. Výstupní napětí (mezivrcholová velikost) by mělo být minimálně dvěma třetinami velikosti napájecího napětí (±9 V), tj. nejméně 12 V (mezivrcholová velikost).

Je-li sepnut spínač *S*, budou se z reproduktoru ozývat slyšitelné rázy (tón) a výstupní napětí se zmenší asi na 6 V. Při měření výstupního napětí elektronickým voltmetrem je třeba pamatovat, že voltmetr bude ukazovat asi polovinu napětí mezivrcholového, tj. v prvním případě asi 6 V, v druhém asi 3 V.

Kmitočet oscilátoru je určen časovou konstantou článku R_2, C_1. Kmitočet oscilací lze měnit změnou kteréhokoli prvku článku *RC* (popř. obou).

Zapojení na obr. 25a pracuje jako zkušební zapojení nejen pro nekompenzované operační zesilovače, ale po přidání kompenzačních prvků i pro typy s kompenzací. Z nekompenzovaných lze jmenovat operační zesilovače LM107, 741, MC1556, CA3100S, HEP-6025P apod., z kompenzovaných typy LM101A, NE531, 709, 748, HEP-6053P.

Velmi vhodnými doplňkovými prvky k operačních zesilovačům jsou diody LED, neboť vyžadují napájecí napětí asi 1,6 V pro proud asi 20 mA (podle typu). Toto napětí a tento proud je k dispozici na výstupu operačních zesilovačů. Obvod na obr. 25b indikuje pomocí LED stav výstupu operačního zesilovače. Obvod na obr. 25b je podobný obvodu na obr. 25a s tím rozdílem, ze je větší kapacita kondenzátoru C_1. Tím se dosáhlo toho, že je kmitočet (opakovací) nižší než 1 Hz (kmitočet výstupních impulsů). Je-li na výstupu zapojena jedna dioda (v pravé části obrázku), bude se rozsvěcovat při každém kladném impulsu (při každé kladné části impulsu). V zapojení diod podle pravé části obrázku se diody střídavě rozsvěcejí při každé kladné a záporné části výstupního signálu.

Na obr. 25c je pro přehled uvedeno zapojení vývodů a vnitřní uspořádání u všech možných pouzder, v nichž se nejobvyklejší operační zesilovače vyrábějí (jde o typy 709 a 741).

Popular Electronics červen 1975

Generátor vysokého napětí a kalibrátor pro osciloskop

Proti běžným zapojením vn části osciloskopů má zapojení na obr. 26a několik předností – především není životu nebezpečné, neboť zdroj vn je poměrně „měkký", dále invertor pracuje na kmitočtu 20 kHz, takže se jeho výstupní napětí po usměrnění snadno vyhlazuje a konečně lze ke stabilizaci činnosti obvodu použít zápornou zpětnou vazbu.

Tento díl osciloskopu je částí přístroje, který byl popisován na pokračování v níže uvedeném pramenu několik měsíců. Osciloskop má špičkové vlastnosti a v našich podmínkách by bylo možno realizovat právě uvedené části – zdroj vn napětí a kalibrátor.

Zdroj vn napětí na obr. 26a je tvořen proudem spínaným oscilátorem, pracujícím ve třídě D. Oscilátor generuje sinusové napětí, má však přesto velkou účinnost, obvyklou u transvertorů s výstupním napětím pravoúhlého průběhu. Průběhy napětí v jednotlivých bodech oscilátoru jsou na obr. 26b. Cívkou L_7 protéká při kmitočtu oscilací konstantní proud, její indukčnost není kritická. Kritériem ke zhotovení cívky je její impedance na pracovním kmitočtu, která by měla být mnohem větší, než je statický odpor oscilátoru (napájecí napětí oscilátoru děleno napájecím proudem). Výstupní napětí tohoto typu oscilátoru je totiž značně závislé na velikosti zátěže. Transformátor oscilátoru rezonuje na 18 kHz (spolu se svými rozptylovými kapacitami). Sekundární napětí transformátoru je asi 1,5 kV (špičková velikost), napětí se usměrňuje a získává se stejnosměrné napětí asi – 1 kV (střední vývod) a po vynásobení třemi asi +3 kV (horní vývod). Protože je odběr záporného napětí mnohem větší než kladného napětí 3 kV, je napětí po ztrojení téměř rovné teoretické velikosti.

Přívod do stabilizátoru se vede z kondenzátoru C_{128}. Jako zesilovač odchylky (chybového napětí) je použit operační zesilovač 709, spolu s násobičem proudu (tranzistory T_{80} a T_{81}). Operační zesilovač je zapojen jako neinvertující zesilovač a přiváděné záporné napětí se srovnává se vzorkem napájecího napětí +18 V. Korekční článek pro kmitočet 30 Hz je tvořen odporem R_{226} a kondenzátorem C_{122}. Zisk zapojení pro signál kmitočtu 50 Hz je dostatečný k tomu, aby byl dobře potlačen brum z napájecích napětí. Použije-li se místo operačního zesilovače 709 typ 741, lze odpor R_{224} a kondenzátor C_{121} ze zapojení vypustit.

Použité tranzistory jsou spínací typy, jejich parametry byly uvedeny v první ročence AR (Katalog tranzistorů a jiných polovodičových součástek). Tranzistory BFY50 by bylo možno nahradit našimi typy KSY34, MJE521 je spínací tranzistor s kolektorovou ztrátou asi 40 W (lze ho nahradit např. typem KU605 nebo KUY12), všechny použité diody jsou křemíkové typy.

Transformátor je na feritovém jádru a primární vinutí má 2 × 10 z, sekundární 900 z. Bližší údaje v původním pramenu uvedeny nejsou.

Kalibrátor amplitudy a času je na obr. 26c. Jde o běžný multivibrátor který spíná konstantní proud z příčkového útlumového článku. Výsledkem je výstupní napětí pravoúhlého tvaru se strmými náběžnými i sestupnými hranami, nezávislé na změnách napájecího napětí. Proměnné odpory umožňují nastavit kmitočet výstupního signálu přesně na 1000 Hz a poměr značka-mezera (střídu) na 1:1. Teplotní kompenzaci T_{92} zabezpečuje dioda D_{10}.

V kalibrátoru se používají libovolné křemíkové spínací tranzistory a křemíkové dio-

impulsů pro ovládání číslicových integrovaných obvodů. Jde tedy o zdroj impulsů tzv. hodinových s proměnnou šířkou. Použitý integrovaný obvod je typu 74123, dvojitý monostabilní klopný obvod, který může být přepínán jak kladnými, tak zápornými impulsy. Šířka výstupních impulsů je určena článkem RC, R může být od 5 do 50 kΩ.

Je-li přepínač v poloze „int.", jsou monostabilní obvody IO zapojeny jako astabilní tak, že v jedné poloze prvního monostabilního obvodu je druhý monostabilní obvod v druhé poloze a obráceně. Výstupní signál se odebírá z odporu v emitoru tranzistoru, zapojeného jako emitorový sledovač, takže výstupní impedance generátoru je velmi malá. Doba sepnutí každého z monostabilních obvodů je určena vně zapojeným odporem v sérii s kondenzátorem (na schématu označen hvězdičkou). Tím se dosáhne v závislosti na kapacitě kondenzátorů spínacích a rozpínacích časů v mezích 100 ms až 100 ns, použijí-li se kondenzátory podle tabulky.

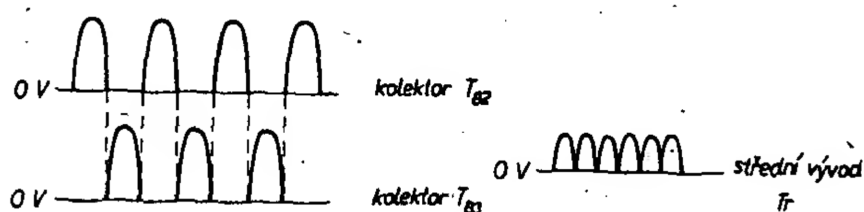
Kapacita kondenzátoru C	Doba sepnutí
6,8 µF	100 ms až 10 ms
0,68 µF	10 ms až 1 ms
68 nF	1 ms až 100 µs
6,8 nF	100 µs až 10 µs
680 pF	10 µs až 1 µs
30 pF	1 µs až 100 ns

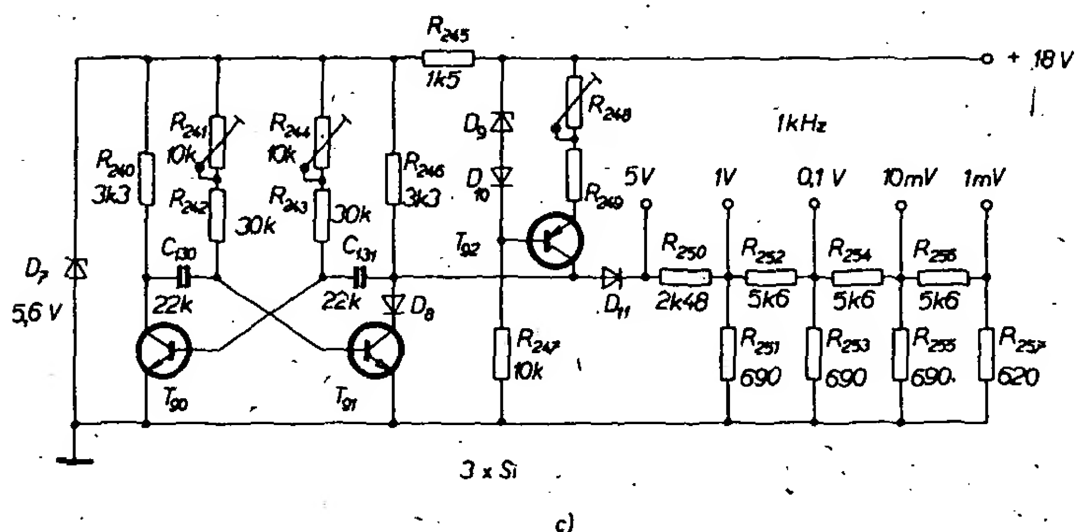
Je-li přepínač v poloze „ext.", je doba sepnutí monostabilního obvodu závislá na činnosti tří tranzistorů, zapojených jako Schmittův klopný obvod, jehož výstupní signál má stejný kmitočet, jako signál vstupní. Potenciometrem P_1 lze nastavit spínací úroveň.

K zabezpečení správné činnosti doporučuje autor článku používat v zapojení co nejkratší spoje, především pro hodinové impulsy nejvyšších kmitočtů.

Tranzistory lze nahradit našimi typy KC509, integrovaný obvod tuzemskou náhradu zatím nemá.

Wireless World únor 1976





Obr. 26. Část zapojení jakostního osciloskopu – vn část (a), průběhy napětí oscilátoru (ve třídě D) (b), kalibrátor s výstupním napětím 1 mV až 5 V pravoúhlého průběhu (c)

dy. Zenerova dioda D_7 má Zenerovo napětí 5,6 V.

Na výstupním děliči se získávají napětí 1 mV až 5 V, od napětí 1 V jsou výstupní napětí vždy desetinou vyššího rozsahu.

Wireless Wold červenec 1975

Přípravek k měření charakteristik diod na osciloskopu

Obvod na obr. 27 je určen k zobrazování charakteristik proud-napětí aktivních dvouvývodových součástek na obrazovce jakéhokoli osciloskopu, který má samostatný zesilovač X. Měřicím napětím může být jakékoli malé střídavé napětí. Výstupní signál pro zesilovač Y (10 mA/V) je určen odporem 100 Ω. Napětí na měřeném prvku je monitorováno diferenčním obvodem a invertováno operačním zesilovačem IO_2.

Je-li měřený prvek zapojen s obrácenou polaritou, je proud odporem R dán proudem odpory 470 kΩ a proudem operačního zesilovače.

Nemá-li použitý osciloskop možnost řídit zesílení zesilovače X, lze napětí na výstupu pro připojení zesilovače X (vhodná citlivost 1 mA/V) měnit změnou odporu R_3.

Přístrojem lze měřit charakteristiky tranzistorů UJT, je-li k dispozici ještě jeden pomocný zdroj napětí. Maximální napětí na měřeném prvku (což je saturační napětí operačního zesilovače) lze zvětšovat při současném zmenšování zisku IO_1.

Jako IO lze použít operační zesilovače typu 741, nebo při použití kompenzačních prvků i typy 709 (MAA501, 2 až 4).

Wireless World únor 1976

Obr. 27. Přípravek k měření charakteristik diod na osciloskopu

Generátor impulsů s integrovaným obvodem

Obvod na obr. 28 byl vyvinut jako zdroj

Generátor impulsů

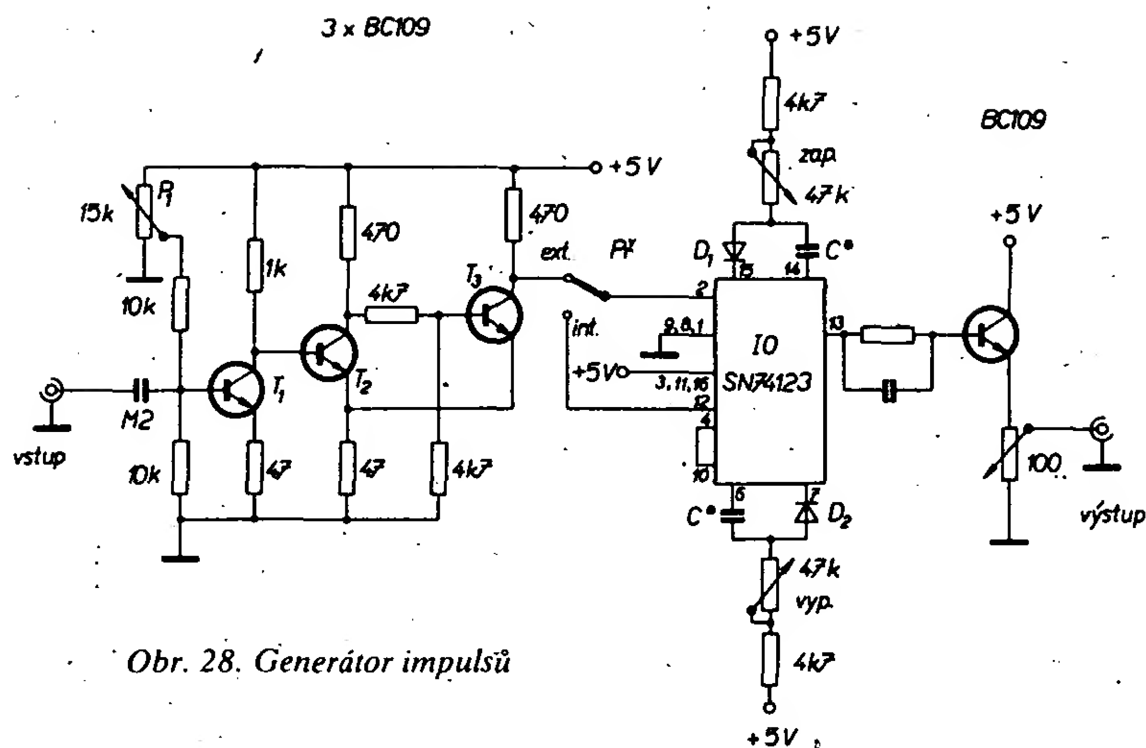
Generátor impulsů generuje záporné jehlovité impulsy o amplitudě asi 8 V s náběžnou dobou asi 50 ns. Jeho zapojení je na obr. 29.

Při připojení napájecího napětí jsou oba tranzistory zprvu uzavřeny. Kondenzátor C se nabíjí přes R_3, R_4 a R_5. Jakmile se napětí na něm zvětší o napětí báze-emitor tranzistoru tak, že bude právě o toto napětí větší, než je napětí na bázi, uvede se do vodivého stavu tranzistor T_2. Obvod se překlopí a na výstupu se objeví záporný impuls.

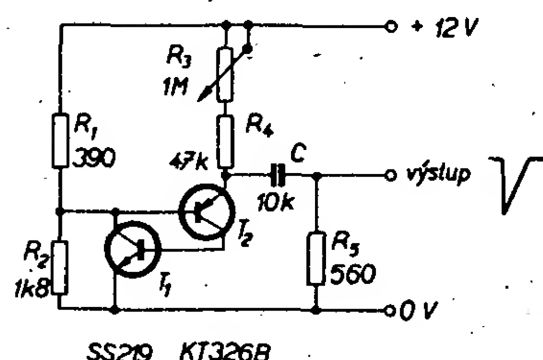
Pak se kondenzátor začne vybíjet přes R_5 a přechody obou tranzistorů. Vybije-li se náboj kondenzátoru, oba tranzistory se opět uzavrou.

Základní technické údaje

Napájecí napětí: 12 V.



Obr. 28. Generátor impulsů



Obr. 29. Generátor impulsů

Výstupní napětí: asi 8 V.
Opakovací doba impulsů (řiditelná R_3): 1 až 12 ms.
Minimální zatěžovací odpor: 10 kΩ.

Je-li odpor $R_5 << (R_3 + R_4)$, může být doba impulsu určena z opakovací doby impulsů. Je-li $U_B = 12$ V a jsou-li odpory podle obr. 29, je

$$U_{B2H} = U_B \frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

$U_{B2H} = 9{,}8$ V,
$U_{E2H} = U_{B2H} + U_{BE\,T2}$,
$U_{E2L} = U_{BEsat\,1} + U_{BEsat\,2}$,
$U_{E2H} = 10{,}3$ V,
$U_{E2L} = 1{,}5$ V.

Při uvažování závěrného napětí báze-emitor tranzistoru T_2 ($U_{EB0} > 8{,}5$ V) bude

$$t_i = (R_3 + R_4) C \ln \frac{U_B - U_{E2L}}{U_B - U_{E2H}}$$

$t_i = 0{,}9$ až 19 ms.
Bude-li průrazné napětí báze-emitor tranzistoru T_2 menší než

$$U_{BR(EB0)} = U_{E2H} - U_{E2L} = 8{,}5 \text{ V},$$

bude tranzistor T_2 pracovat při začátku nabíjení kondenzátoru v inverzním režimu. Odpor R_1 je pak zapojen přes přechod báze-emitor tranzistoru T_2 paralelně k odporům R_3 a R_4. Pak bude t_i menší.

Je-li $R_1 << (R_3 + R_4)$, může se nabíjecí čas určit z napětí

$$U'_{E2L} = U_{B2H} - U_{EB0}.$$

Je-li $U_{EB0} = 4$ V a blíží-li se U_{E2L} napětí U'_{E2L}, bude U'_{E2L} přibližně 5,8 V a $t_i = 0{,}65$ až 13 ms.

Výstupní špičkové napětí je při zatěžovacím odporu, blížícímu se nekonečnu

$$U_{výst.} = U_{E2H} - U_{E2L},$$

což je asi 8,8 V.

Oba tranzistory jsou křemíkové spínací tranzistory (doplňkové). Náhrada by byla možná našimi typy KF507 a KF517 (KFY46 a KFY18).

RFT electronic Halbleiter-Schaltbeispiele

Širokopásmový zesilovač s malým šumem

Jedno z možných využití výhodných vlastností tranzistorů řízených polem bylo uvedeno v sovětském časopisu Radio – širokopásmový zesilovač s malým šumem (obr. 30). Zesilovač může sloužit v telekomunikačních, telemetrických a lékařských přístrojích jako zesilovač napětí. Vstupní odpor zesilovače je 5,1 MΩ. Vyskytne-li se potřeba, může být vstupní odpor snadno zvětšen až na 40 až 60 MΩ. Toho lze dosáhnout výměnou odporu R_1 za odpor podle potřeby.

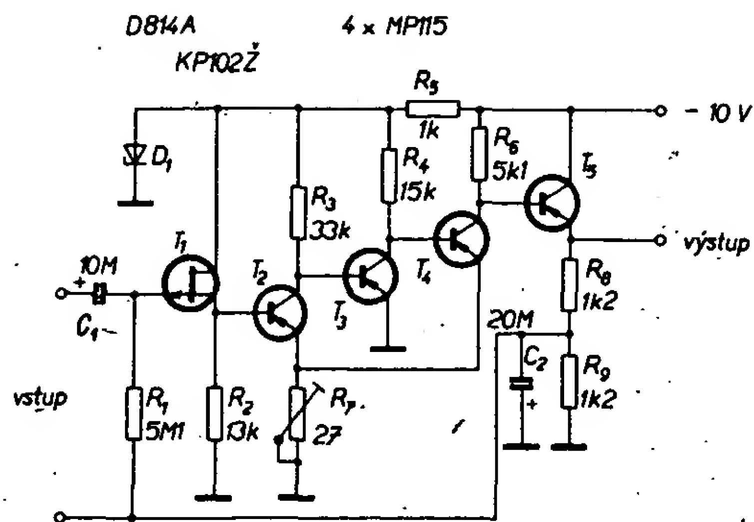
Tranzistor T_1 řízený polem je zapojen jako emitorový sledovač, který se vyznačuje všeobecně velkým vstupním odporem a malým šumem, pracuje-li ve spojení se zdroji signálu s velkým výstupním odporem (např. s kondenzátorovým mikrofonem nebo kapacitními snímači telemetrických zařízení).

Další stupně zesilovače jsou osazeny běžnými germaniovými tranzistory p-n-p s přímou vazbou mezi stupni. Aby byly vlastnosti zesilovače co nejstálejší, je použita velmi silná zpětná vazba (proudová). Stupeň zpětné vazby lze v širokých mezích měnit nastavením proměnného odporu v emitorech prostředních tranzistorů zesilovače. Napěťové zesílení se přitom mění v mezích 100 až 4000.

Aby se nenarušila činnost zesilovače, bude-li k němu připojena malá zátěž, je výstupní stupeň zesilovače realizován jako emitorový sledovač s tranzistorem T_5. Přes dělič R_8 a R_9 a odpor R_1 je výstup zesilovače navázán na vstup (druhá větev zpětné vazby).

Všechny tranzistory zesilovače pracují s malými kolektorovými proudy (kromě T_5). Tím se zabezpečil co nejmenší vliv změn okolní teploty na parametry zesilovače a vyloučila se nutnost nastavovat zesilovač při výměně tranzistorů.

Dolní mezní kmitočet zesilovače je dán kapacitou kondenzátoru C_1 (je-li $C_1 = 10$ µF, je dolní mezní kmitočet asi 1 až 2 Hz). Vynechá-li se tento kondenzátor v zapojení, může zesilovač pracovat jako stejnosměrný zesilovač. Drift nuly je pak menší než 10 µV v rozmezí teplot −60 až +60 °C. Drift při okolní teplotě 20 °C není během nepřetržité činnosti zesilovače po 8 hodin větší než 1,5 mV.



Obr. 30. Širokopásmový zesilovač s malým šumem

Při zesilování nf signálů je rozsah pracovních kmitočtů od 1 až 2 Hz do 60 až 100 kHz. Přitom je úroveň vlastních šumů menší než 10 µV. Použijí-li se jako T_2 až T_5 tranzistory s vyšším mezním kmitočtem, je horní hranice přenášeného kmitočtového pásma až stovky kHz. V zapojení lze samozřejmě použít i křemíkové tranzistory.

Odběr proudu ze zdroje napětí 10 V je asi 3 až 5 mA.

Odpor R_5 se volí podle druhu Zenerovy diody, odporem R_9 se nastavuje velikost záporné zpětné vazby (její druhé větve). Podrobně je nastavení a uvádění do chodu popsáno v původním pramenu, včetně všech měření na hotových vzorcích.

Náhrada tranzistoru T_1 je problematická, jako ostatní tranzistory by bylo možno použít naše typy např. z řady GC.

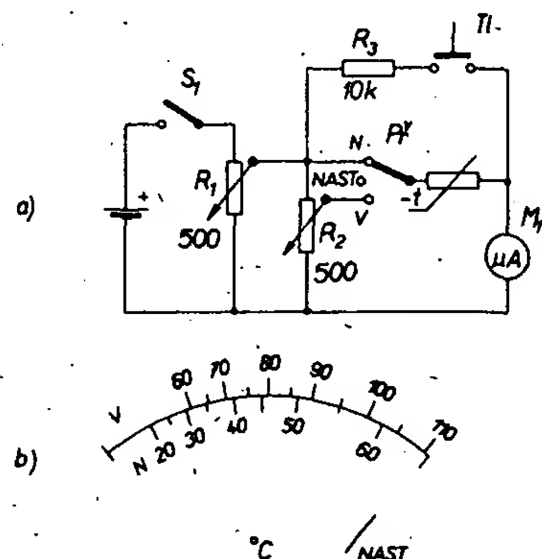
Radio (SSSR) č. 5/1975

Jednoduchý a levný měřič teploty

Teploměr na obr. 31a lze použít k měření teploty nekorozívních tekutin, plynů, popř. i povrchů pevných těles. Jeho měřicí rozsah je asi 20 až 110 °C ve dvou přepínatelných rozsazích. Přesnost měření je asi 5 %. Podmínkou rychlého měření je, aby měřicí sonda měla co nejmenší hmotu, která by odváděla teplo z teplotního čidla. Přístroj se napájí z baterie 1,5 V.

Schéma zapojení měřiče teploty je na obr. 31a. Měřič se skládá z termistoru, který je zapojen v sérii s měřidlem a paralelně k napájecí baterii. Mění-li se při změně teploty odpor termistoru, mění se úměrně i proud měřidlem. Při zvyšování teploty se proud měřidlem zvětšuje, neboť se zmenšuje odpor termistoru.

Potenciometrem R_1 se vyrovnávají změny napětí baterie. Potenciometr R_2 slouží ke



Obr. 31. Měřič teploty s termistorem a se dvěma rozsahy (a) a jeho průběh stupnice (b)

kalibraci stupnice pro měření vyšších teplot. Tlačítko a odpor R_4 nahrazují při nastavování termistor.

Odběr proudu měřiče je asi až 6 mA.

Termistor jako snímací čidlo byl umístěn místo hrotu v pouzdru kuličkového pera. Jinak je mechanická konstrukce stejně jednoduchá, jako celé zapojení. Ke kalibrování lze použít několik způsobů, nejvhodnějším bude asi měřit teplotu nějaké tekutiny za kontroly běžným teploměrem. Příklad stupnice teploměru je na obr. 31b.

Autor příspěvku uvádí jako nejvhodnější použití měření teploty chladičů polovodičových prvků. Lze samozřejmě měřit teplotu jakékoli prostředí, teplota však musí být vždy menší než 150 °C, jinak hrozí nebezpečí zničení měřidla nadměrným proudem.

Abychom se vyhnuli tomuto nebezpečí, bylo by možné nahradit termistor sériovým zapojením odpor-termistor, jehož celkový odpor by byl rovný odporu termistoru v původním zapojení (tj. 50 kΩ při teplotě 20 °C). Pak by ovšem stupnice měřidla měla jiný průběh a byl by menší možný rozsah měření teplot.

Popular Electronics únor 1976

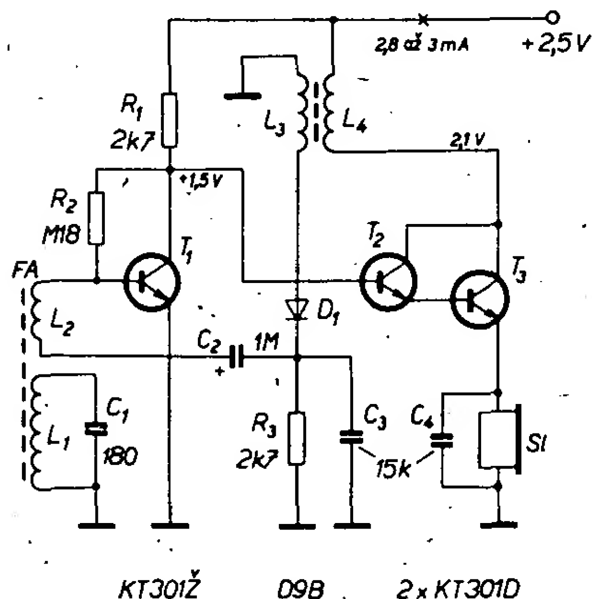
Přijímací technika

Jednoduchý reflexní přijímač se „složeným" tranzistorem

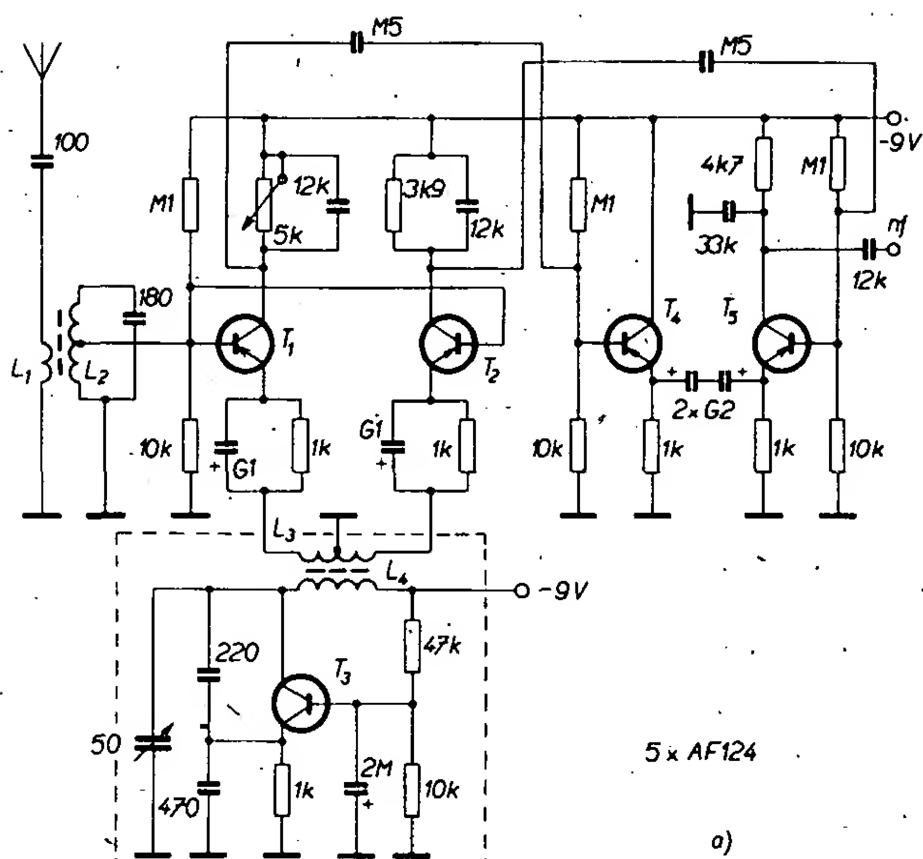
Při konstrukci přijímače byla sledována především miniaturizace rozměrů, proto je přijímač co nejjednodušší. Napájecí napětí je 2,5 V, proud z baterie není větší než asi 3 až 4 mA. Celý přijímač byl stěsnán do pouzdra o rozměrech 50 × 25 × 15 mm.

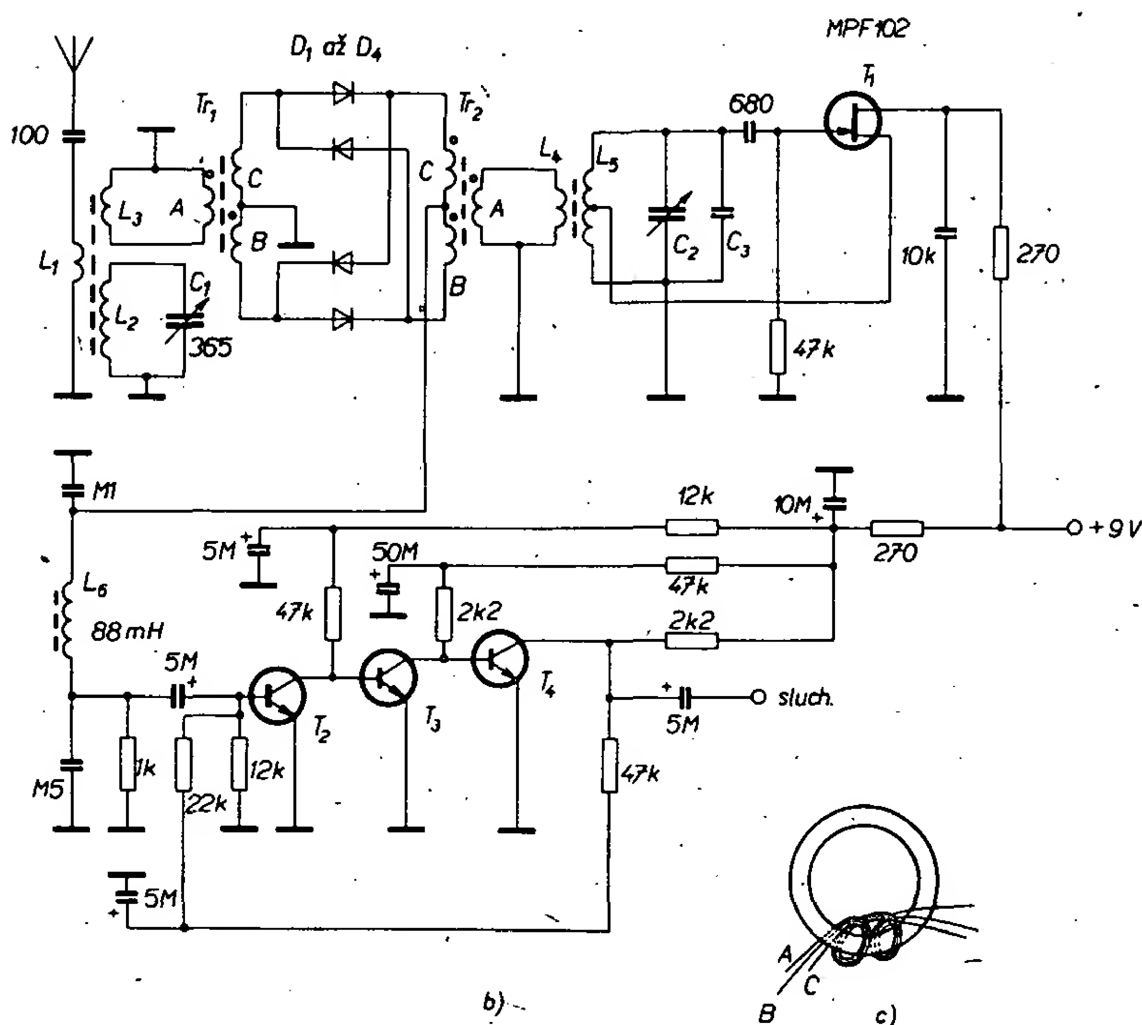
Charakteristickým znakem přijímače je neobvyklý druhý stupeň (obr. 32, přesný překlad originálu je složený tranzistor), v němž pracuje dvojice tranzistorů v kaskádě. Takto zapojené tranzistory mají relativně velký odpor a značně větší zesílení, než jeden tranzistor. Velký vstupní odpor druhého stupně umožnil přímou vazbu prvního stupně s druhým, čímž se konstrukce značně zjednodušila.

Vstupní signál (pro nějž je nastaven vstupní laděný obvod-cívka feritové antény a kondenzátor C_1) je přes vazební vinutí feritové antény přiveden na bázi vstupního tranzistoru (libovolný křemíkový tranzistor n-p-n). Tranzistor pracuje v zapojení se společným emitorem. Odpor R_1 je pracovním odporem tranzistoru jak pro vf, tak pro nf. Zesílený signál se z kolektoru T_1 vede na bázi „složeného" tranzistoru (T_2, T_3). Pro vf signál je „složený" tranzistor zapojen se společným



Obr. 32. Miniaturní reflexní přijímač pro příjem jedné stanice v pásmu SV nebo DV





Obr. 33. Přímosměšující přijímač pro příjem v pásmu 80 m (a) a přímosměšující přijímač pro příjem v pásmu 80 m s kruhovým modulátorem (b), schéma vinutí Tr (c)

emitorem. Zesílený vf signál jde na transformátor L_4, L_3. K sekundárnímu vinutí L_3 je připojen detekční obvod s diodou D_1.

Velikost demodulovaného (nf) signálu se upravuje odporem R_3, který je zátěží detektoru. Odpor R_3 je paralelně připojen ke kondenzátoru C_3, který odstraňuje z demodulovaného signálu zbytky vf. Přes oddělovací kondenzátor C_2 se vede nf signál na bázi tranzistoru T_1, který ho zesílí a z jehož kolektoru se zesílený nf signál vede opět na bázi „složeného" tranzistoru T_2, T_3. Pro nf signál je tento tranzistor zapojen se společným kolektorem (emitorový sledovač) a pracuje jako zesilovač proudu.

Zátěží výstupu přijímače je vinutí sluchátka s malou impedancí.

Ke stabilizaci pracovního režimu jsou v přijímači dvě zpětné vazby – záporná napěťová zpětná vazba, zavedená odporem R_2, a záporná proudová zpětná vazba, zavedená odporem vinutí sluchátka v emitoru koncového tranzistoru.

Jako feritová anténa je použit feritový trámeček s rozměry 10 × 3 mm délky 48 mm. Cívky L_1 a L_2 jsou navinuty drátem o ∅ 0,08 mm v sekcích. Sekce L_1 mají po 20 až 25 z, sekcí je celkem 10 a jsou rozmístěny symetricky téměř po celé délce trámečku; L_1 má tedy asi 200 až 210 z. Mezi sekcemi je vzdálenost asi 1 až 1,5 mm, šířka vinutí sekcí je 2 až 2,5 mm. Cívka L_2 je na konci vinutí L_1 a má 4 až 12 závitů stejného drátu. Uvedené počty závitů odpovídající vstupnímu obvodu pro příjem dlouhých vln, pro příjem středních vln je počet závitů L_1 asi 100, a 3 až 7 pro L_2.

Cívky L_3 a L_4 jsou navinuty na feritovém toroidním jádru o ∅ 7 mm. Obě mají stejný počet závitů – pro dlouhé vlny 80, pro střední vlny 50 až 60, drát má ∅ 0,08 mm.

Nejvhodnější pracovní režim tranzistorů přijímače se nastavuje výběrem odporu R_2 (je vhodné použít odporový trimr asi 0,22 MΩ). K nastavení vstupního laděného obvodu je vhodné použít jako C_1 paralelní kombinaci pevný + proměnný kondenzátor tak, aby se její výsledná kapacita pohybovala v mezích asi 150 až 200 pF. Dojde-li při uvádění do chodu k oscilacím, je třeba vzájemně zaměnit vývody cívky L_2. Oscilace se projeví zvětšeným odběrem proudu (větším než 3 až 4 mA).

Deska s plošnými spoji je jednoduchá a je uvedena v původním pramenu.

Radio (SSSR) č. 3/1975

Přímosměšující přijímače pro příjem na KV

V posledních letech se v praxi především amatérů-vysílačů začaly hojně používat tzv. přímosměšující přijímače. Používají se především jako přijímače pro začátečníky, jako tzv. druhé přijímače, v honu na lišku a konečně i jako přijímače minitransceiverů.

Princip zapojení, tj. směšování přijímaného vf signálu se signálem oscilátoru stejného kmitočtu, při němž se ihned získá nf signál, je znám již velmi dlouho. Jedním z prvních (ne-li vůbec první) publikovaných zapojení tohoto druhu byl přijímač holandského radioamatéra J. Jagra. Přijímač byl osazen oktodou EK3, která pracovala jako kmitající směšovač, pentodou EF6 s rezonančními obvody 1000 Hz v řídicí mřížce a anodě a koncovou pentodou EL3, z níž se napájel reproduktor. Přijímač sloužil k příjmu telegrafie, byl publikován v roce 1938.

V roce 1947 popsal G. H. Tucker v Electronic Engineering přijímač-synchrodyn, v němž byl kmitočet oscilátoru synchronizován kmitočtem vstupního signálu. Tímto přijímačem bylo možno přijímat i signály AM.

Principy použité v uvedených přijímačích znovu oživil holandský radioamatér K. Spaargaren, PA0KSB, v roce 1967. Jeho přijímač sloužil k příjmu v pásmu 80 m a jeho zapojení je na obr. 33a. Tranzistory T_1 a T_2 tvoří balanční směšovač. Na paralelně zapojené báze obou tranzistorů se přivádí vf vstupní signál. Tranzistor T_3 pracuje jako oscilátor a jeho výstupní signál se vede souměrně do emitorových obvodů obou tranzistorů. Pomocí tranzistorů T_4 a T_5, které jsou zapojeny jako diferenční zesilovač, se získává nesymetrické nf napětí, jímž lze budit běžný nf zesilovač. K příjmu signálů v pásmu 80 m je třeba, aby oscilátor kmital na kmitočtu 3,5 až 3,8 MHz.

Přijímač byl osazen pěti vf germaniovými tranzistory AF124. Vstupní transformátor má na primární straně 6 závitů, na sekundární straně 40 + 6 závitů; cívky oscilátoru L_3 a L_4 mají 2 × 6 závitů, popř. 40 závitů.

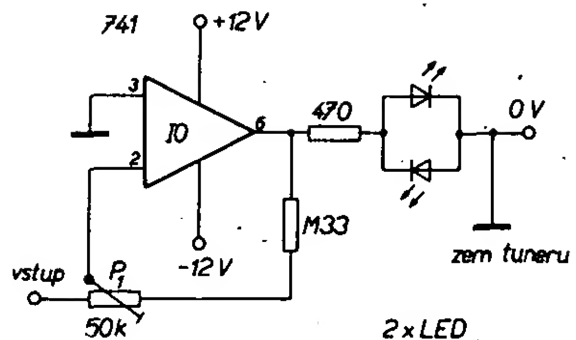
K popularitě přímosměšujících přijímačů přispěl nemalou měrou příspěvek amatérů W7ZOL a W7WKR (Hayward, W. a Bingham, D.) v časopisu QST č. 11/1968. Jejich přijímač (obr. 2) se skládá z product-detektoru se čtyřmi diodami v zapojení kruhového modulátoru, z oscilátoru s tranzistorem FET a ze třístupňového nf zesilovače, na jehož vstupu je nf dolní propust. Aby nebyl signál oscilátoru vyzařován zpět do antény, musí se dbát na přísnou symetrii zapojení kruhového modulátoru. Cívky kruhového modulátoru ($Tr_{1,2}$) jsou proto vinuty trifilárně (třemi dráty současně) na feritovém toroidním jádru o průměru asi 12 mm. Schéma vinutí je na obr. 33c. Vinutí *A*, *B* a *C* mají po 15 závitech drátu o ∅ 0,35 mm. Cívky L_1 až L_5 jsou navinuty na toroidních jádrech o ∅ asi 18 mm, $L_1 = L_3 = 15$ závitů, L_2 má 40 závitů, všechny jsou navinuty drátem o ∅ 0,35 mm CuL, L_4 má 5 závitů, L_5 22 závitů s odbočkou na 5. závitu, obě jsou navinuty drátem o ∅ 0,7 mm CuL.

V originálním zapojení jsou v kruhovém modulátoru použity tzv. Schottkyho diody (výrobce Hewlett-Packard, typ 5082-2800). Při menších nárocích na zapojení lze však použít vf detekční diody.

Elektronisches Jahrbuch 1975 (NDR)

Jednoduchý indikátor vyladění pro přijímače FM – VKV

Výhodou indikátoru vyladění na obr. 34 je jeho jednoduchost, malé stavební náklady a spolehlivá činnost. Princip činnosti je velmi jednoduchý: blížíme-li se při ladění z jedné strany k žádané stanici, svítí jedna z diod



Obr. 34. Indikátor vyladění pro přijímače FM – VKV s operačním zesilovačem

LED na výstupu operačního zesilovače. Je-li stanice správně vyladěna, nesvítí žádná dioda LED, vzdalujeme-li se z místa správného naladění, svítí druhá z diod LED.

Při uvádění do chodu je třeba nastavit potenciometr P_1 tak, aby obě diody zhasly právě při správném vyladění žádané stanice. Odpor na výstupu operačního zesilovače je třeba zvolit tak, aby byl proud diodami omezen na potřebnou velikost (podle typu použitých diod).

Wireless World srpen 1975

Konstrukční část

Nf stereofonní zesilovač s MBA810

Před nedávnou dobou se objevil v maloobchodní síti nový integrovaný obvod, rozmnožující řadu monolitických integrovaných obvodů pro spotřební elektroniku, velmi oblíbených u vyspělejších radioamatérů. Jde o nízkofrekvenční zesilovač MBA810; tento integrovaný zesilovač by bylo možno nazvat „mladším, avšak chytřejším bratrem" známého integrovaného obvodu MA0403, s jehož aplikacemi se v mnoha případech setkávali čtenáři AR i RK na stránkách těchto časopisů.

Obvod MBA810 byl dosti podrobně popsán v [1], ovšem v době uveřejnění tohoto článku byl obvod prakticky nedostupný, proto článek nemohl vzbudit takovou odezvu, jakou by si byl zasloužil. Protože je kromě toho velmi nesnadné sehnat starší čísla AR a RK, chceme v tomto článku znovu informovat čtenáře o základních vlastnostech obvodu, o jeho možných aplikacích a nakonec si popíšeme konstrukci stereofonního nízkofrekvenčního zesilovače o výkonu 2× 5 W, v němž je tento velmi zdařilý obvod použit jako základní stavební prvek.

Vzhledem k tomu, že nechci znovu opakovat vše, co bylo uveřejněno o MBA810 v [1], odkazuji čtenáře, kteří se zajímají o všechny podrobnosti ohledně tohoto obvodu, na již citovaný pramen, který je zcela vyčerpávající. V tomto článku se pak zaměříme na ty vlastnosti obvodu, které jsou z aplikačního hlediska nejzávažnější.

Proti svému předchůdci, MA0403, má obvod MBA810 několik závažných předností. Především je to dosažitelná velikost výstupního nf výkonu. Zesilovač MBA810 je schopen při dobrém chlazení poskytnout trvalý výstupní sinusový výkon až 6 W. Další, neméně závažnou výhodou je, že si zesilovač sám nastavuje samočinně optimální pracovní bod v širokém rozmezí napájecích napětí (od 4,5 V do 20 V) a samočinně udržuje na výstupu napětí, které je polovinou napájecího napětí, a to při jakémkoli napětí v uvedených mezích. Tato jeho vlastnost zajišťuje, že zpracovávaný signál je souměrně omezován již při malém přebuzení – to v praxi znamená, že zesilovač je schopen dodat při daném napájecím napětí vždy maximální výkon nezkresleného výstupního signálu.

Další předností obvodu, především ve srovnání se zesilovačem MA0403, je menší výsledné zkreslení signálu na výstupu zesilovače MBA810 a dále menší počet součástek, potřebný k realizaci základního zapojení zesilovače.

Domnívám se, že díky těmto vlastnostem nalezne zesilovač MBA810 u radioamatérů mnohem širší uplatnění, než jeho méně dokonalý předchůdce, tím spíše, že cena obou je srovnatelná (SMC je pro MBA810 105 Kčs, pro MA0403 98 Kčs).

Praktická zapojení obvodu MBA810

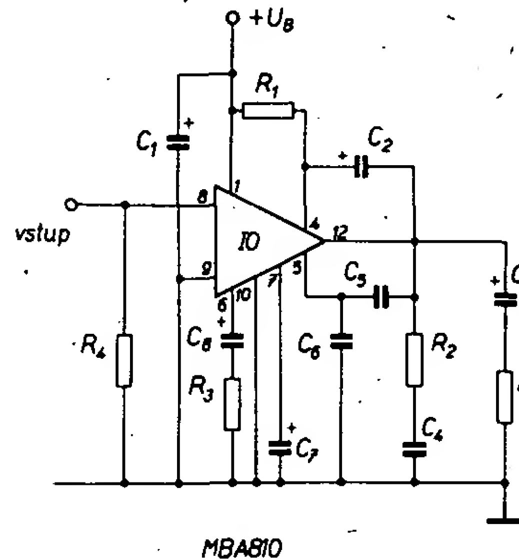
Nejdříve si uvedeme základní zapojení integrovaného obvodu MBA810, které se používá současně i jako zkušební zapojení (obr. 1).

Napájecí napětí se přivádí na vývody č. *10* (zemnicí) a *1* (kladný pól napájecího napětí). Kdo má při ruce [1], může si zapojení integrovaného obvodu v zesilovači podle obr. 1 srovnávat současně se zapojením vnitřní struktury (je na obr. 11 v původním pramenu); v zapojení vnitřní struktury integrovaného obvodu je však třeba doplnit vývod z kolektoru T_{12}, který je označen jako vývod č. *1*. Kladné napájecí napětí se přivádí dále přes odpor R_1 (a přes odpor R_9 ve vnitřní struktuře *IO*, viz obr. 11 v [1]) do předzesilovacích stupňů *IO*.

Zatěžovací odpor R_z se k výstupu zesilovače (vývod č. *12*) připojuje přes kondenzátor C_3, který odděluje stejnosměrnou složku (polovina napájecího napětí) od výstupního střídavého napětí. Kapacita tohoto kondenzátoru ovlivňuje přenos signálů nízkých kmitočtů. Mezi výstup zesilovače a zem je rovněž zapojen často používaný článek *RC*, který zabezpečuje kmitočtovou stabilitu zesilovače při zatížení výstupu zesilovače odporem s indukční složkou (kmitací cívka reproduktoru), článek je tvořen odporem R_2 a kondenzátorem C_4. Odpor R_2 by měl být bezindukční, proto není vhodné zhotovovat ho navinutím odporového (nebo jiného) drátu ve tvaru cívky. Vhodný typ odporu je např. TR 144; pokud odpor neseženeme a musíme ho zhotovit z drátu, použijeme tzv. bifilární vinutí.

Kmitočtovou stabilitu zajišťují i kondenzátory C_5 a C_6, o jejich významu se podrobně zmiňuje autor v článku v [1]. Napájecí napětí pro první stupně zesilovače dodatečně filtruje kondenzátor C_7.

Z vývodu č. *6 IO* vede na zem odpor R_3 v sérii s kondenzátorem C_8. I funkce tohoto obvodu je podrobně popsána v [1], proto se omezím jen na stručný závěr: volbou tohoto odporu určujeme napěťové zesílení zesilovače (nebo též citlivost zesilovače, tj. vstupní napětí pro určité vybuzení). Tohoto odporu lze tedy využít jako jednoduché a účinné balance (vyvažování kanálů) u stereofonní

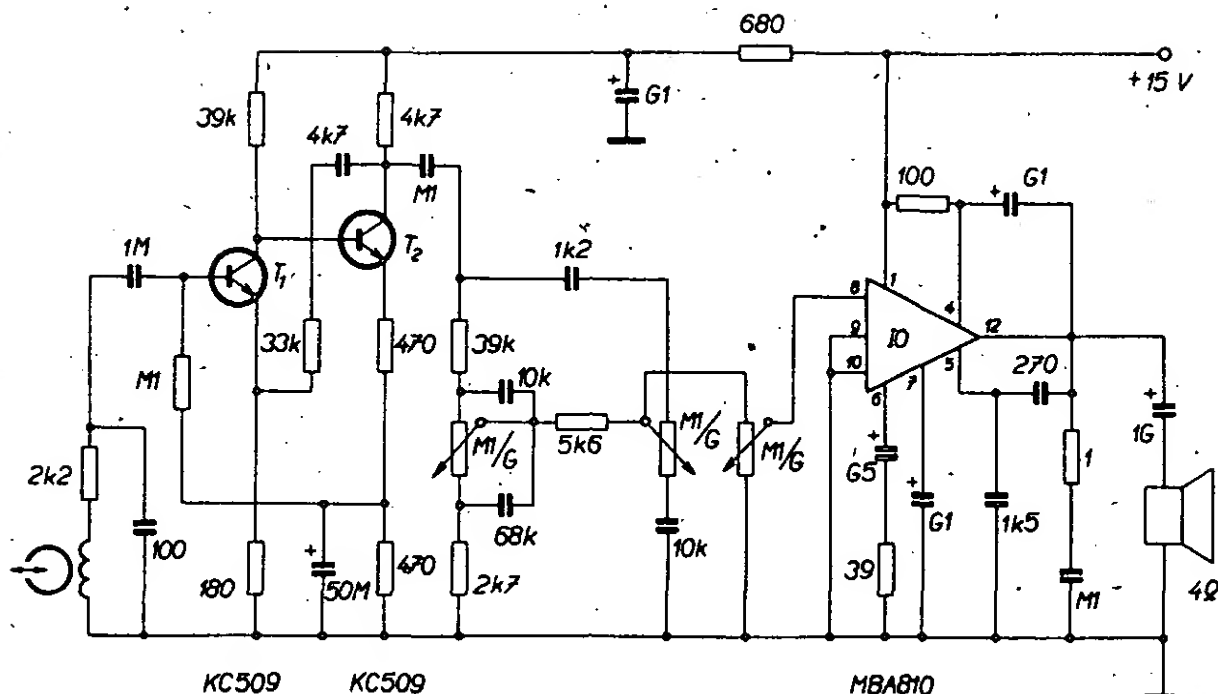


Obr. 1. Základní zapojení obvodu MBA810, které se používá i jako zkušební zapojení

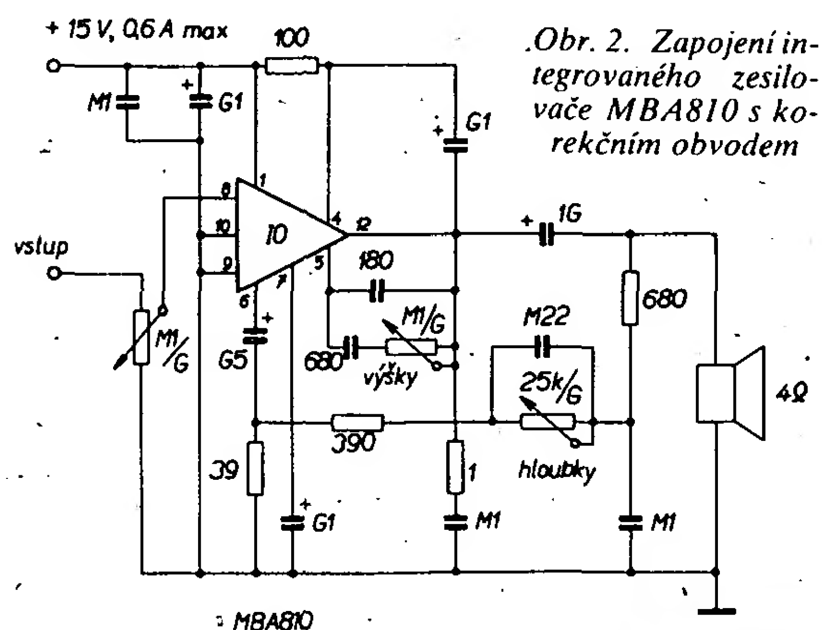
verze zesilovače. Aby byl co nejlepší přenos signálů nízkých kmitočtů, musí mít kondenzátor C_8 co nejmenší kapacitní odpor (reaktanci) vzhledem k hodnotě odporu R_3.

Vývod č. *9 IO* je tzv. signálová zem a ve skutečném zapojení se na desce s plošnými spoji spojuje s vývodem č. *10* (tzv. zdrojová zem). S těmito vývody *IO* jsou na desce s plošnými spoji obvykle spojeny i střední široké vývody *IO*, sloužící k odvodu tepla z vnitřní struktury *IO*.

Pro vstup signálu slouží vývod č. *8*. Tento vstup musí být vždy nějakým způsobem spojen „stejnosměrně" se zemí zesilovače, obvykle se ke spojení používá odpor (R_4) nebo potenciometr. V žádném případě nesmí být v sérii s odporem nebo potenciometrem zařazen kondenzátor, neboť do vstupu zesilovače musí vždy téci stejnosměrný vstupní proud asi 0,5 μA. Kdybychom zahradili tomuto proudu cestu kondenzátorem, vstupní tranzistor *IO* by se zcela uzavřel – to by mělo za následek, že by výstup zesilovače přešel do stavu saturace. Z podobných důvodů se doporučuje nepoužívat na vstupu potenciometr s příliš velkým odporem (větším než 0,5 MΩ), nejvhodnější je potenciometr do 100 kΩ. Průtokem vstupního proudu zesilovače vzniká na odporu potenciometru úbytek napětí (největší tehdy, je-li běžec potenciometru nastaven na největší hlasitost a vstup potenciometru oddělen od dalších obvodů kondenzátorem), který způsobuje posuv stejnosměrné úrovně na výstupu zesilovače, což má za následek, že se zmenšuje maximální dosažitelný nezkreslený výstupní výkon.



Obr. 3. Zapojení integrovaného zesilovače MBA810 s předzesilovačem pro snímání signálu z magnetofonové hlavy a s korekčním obvodem



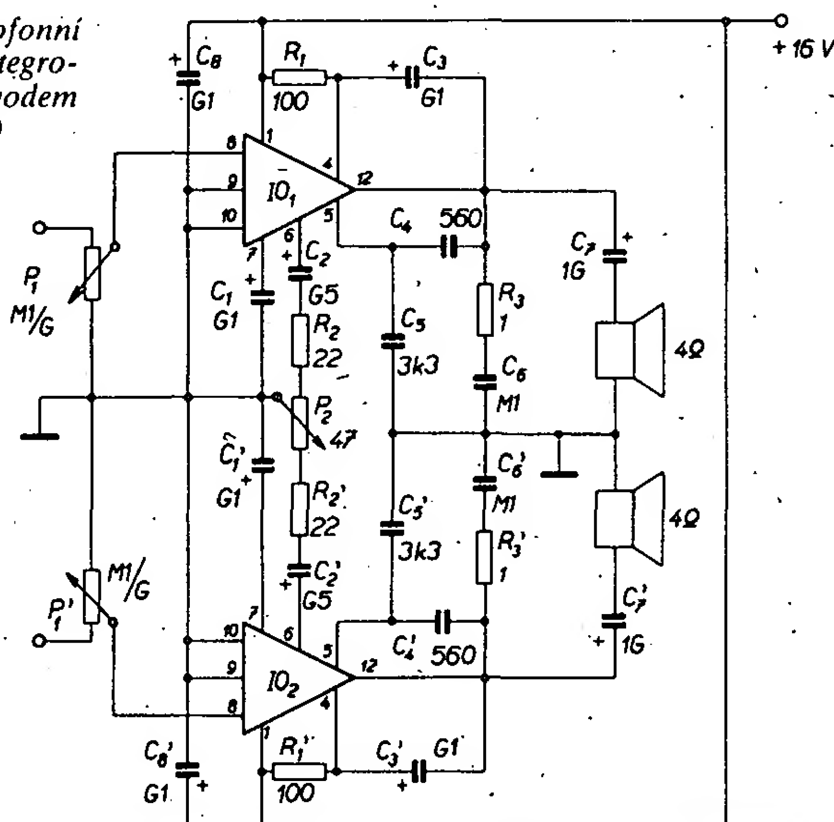
Obr. 2. Zapojení integrovaného zesilovače MBA810 s korekčním obvodem

Zapojení zesilovače s integrovaným obvodem MBA810 a s obvody pro korekci kmitočtové charakteristiky je na obr. 2. Obvody k řízení hlubokých a vysokých tónů jsou odděleny a umožňují potlačit nebo zdůraznit okrajové části kmitočtového spektra, přenášeného zesilovačem asi o 10 dB.

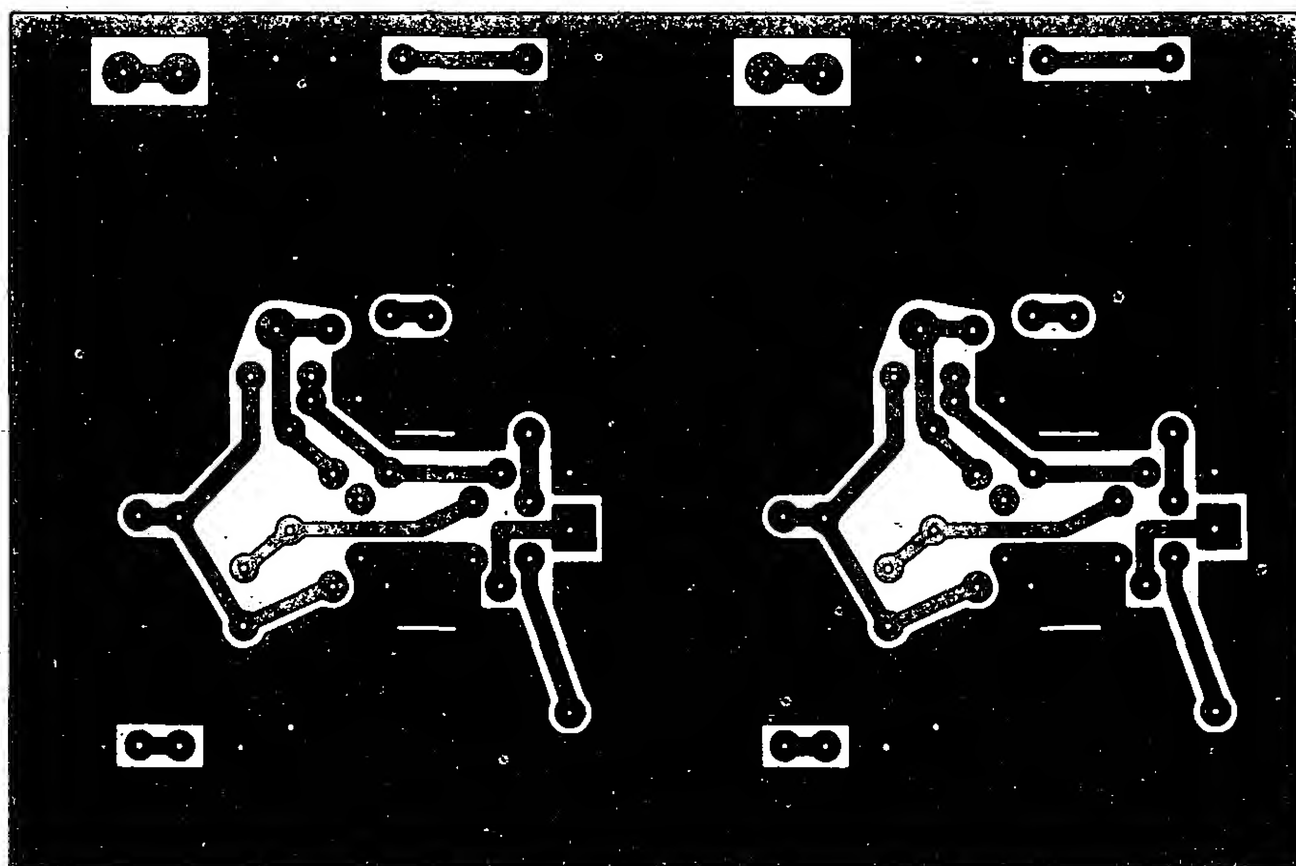
Dokonalejší zapojení zesilovače s korekčními obvody je na obr. 3. Zapojení samotného integrovaného zesilovače je prakticky shodné se zapojením na obr. 1. Korekční obvody jsou předřazeny výkonovému zesilovači. Vstupní část zesilovače s tranzistory T_1 a T_2 slouží jako předzesilovač pro signál z magnetofonové hlavy. Předzesilovač lze v případě potřeby upravit tak, aby jeho kmitočtová charakteristika byla lineární a použít ho ke zpracování výstupních signálů z jiných zdrojů.

Stereofonní zesilovač s MBA810

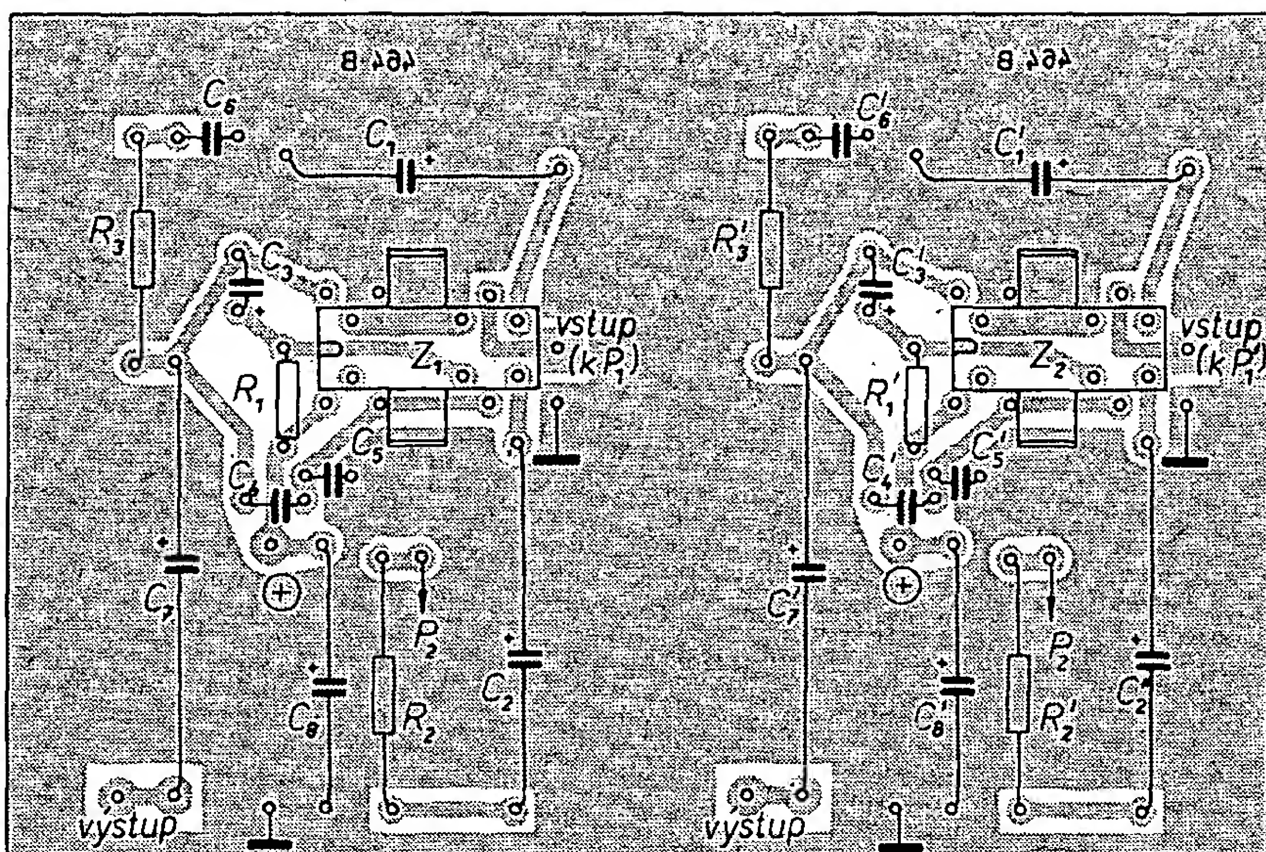
Zapojení stereofonního výkonového zesilovače, které je detailně propracováno včetně návrhu desky s plošnými spoji, je na obr. 4. Srovnáním s obr. 1 zjistíme, že jde opět o upravené základní zapojení, doplněné o obvod k vzájemnému vyvažování citlivosti obou kanálů (balance). Jak jsem již uvedl, k vyvažování použijeme změnu odporu R_2 na zesílení celého zesilovače a nahradíme tedy část tohoto odporu v obou kanálech potenciometrem P_2, jehož běžec uzemníme. Tímto potenciometrem lze pak měnit vzájemný poměr zesílení obou kanálů až o 10 dB, což



Obr. 4. Stereofonní zesilovač s integrovaným obvodem MBA810



Obr. 5. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji stereofonního zesilovače podle obr. 4 (ze strany spojů, měřítko 1 : 1), viz pozn. na str. 151



Obr. 6. Deska s plošnými spoji stereofonního zesilovače, osazená součástkami

v praxi bohatě postačí. Deska s plošnými spoji stereofonního zesilovače je na obr. 5, deska osazená součástkami na obr. 6. Jak je z obr. 5 i 6 zřejmé, skládá se deska pro stereofonní zesilovač ze dvou shodných polovin, takže pouhým rozdělením desky uprostřed získáme destičky pro dva samostatné výkonové zesilovače, např. pro přijímač do auta atd.

Deska s plošnými spoji je navržena tak, aby na ní zbylo maximum měděné fólie (která je spojena se středními širokými vývody integrovaného obvodu a současně se zemí). Plocha fólie je až kolem 90 % plochy celé destičky. Tím bylo dosaženo toho, že samotná fólie na desce s plošnými spoji odvede za provozu zesilovače tolik tepla (které vyzáří do okolí), kolik odpovídá trvalému sinusovému výkonu asi kolem 4 W (pro každý kanál). Dále zlepšit odvod tepla (což umožní dále zvětšit trvalý výstupní výkon) lze např. tím, že destičku s plošnými spoji přišroubujeme ke kovovému šasi nebo ke stěně, dnu apod. skříňky (popř. k jinému kovovému tělesu, které může sloužit jako chladič) pomocí tlustostěnných distančních válečků, nejlépe měděných.

Potřebujeme-li, aby měl zesilovač co nejmenší rozměry, můžeme destičku ostřihnout např. nůžkami na plech tak, aby se na ni součástky právě „vešly" (rozměr bude tedy asi 50 × 65 mm). Destička těchto rozměrů je potom schopna vyzářit teplo, odpovídající trvalému sinusovému výkonu asi kolem 3 W. Jen pro úplnost – všechny tyto údaje byly změřeny a ověřeny při teplotě okolí asi 18 °C. Bude-li teplota okolí za provozu zesilovače vyšší, bude třeba příslušně zmenšit vyzářený výkon nebo zvětšit plochu chladiče. Protože však při běžném použití zesilovače půjde vždy o přenos tzv. přirozeného signálu (hudba, řeč), domnívám se, že tepelné přetížení obvodu nepřipadá v úvahu ani za nepříznivějších teplotních podmínek.

Technické údaje zesilovače

Napájecí napětí:	20 V.
Výstupní výkon:	6 W (sinus).
Klidový proud:	10 mA.
Odběr proudu při plném vybuzení:	asi 800 mA.
Kmitočtová charakteristika:	35 Hz až 16 kHz (výstupní výkon 3 W, tolerance – 3 dB vzhledem k úrovni při 1000 Hz).

Při měření nebyl k dispozici bohužel měřič zkreslení, výstupní výkon je proto udán jako výkon, při němž se na obrazovce osciloskopu o ∅ 12 cm projevil na výstupním signálu počátek omezení. Protože takto postupuje při měření většina běžných radioamatérů, domnívám se (také vzhledem k předpokládanému použití zesilovače – běžné spotřební elektronické přístroje), že tento údaj plně postačí. Kromě toho tak jako tak měřič zkreslení nepatří (bohužel) dosud k běžné výbavě měřicích pracovišť, ať již jde o pracoviště amatérská, nebo (pohříchu) i profesionální.

Oživení a nastavení zesilovače

Po kontrole součástek, osazení desky s plošnými spoji a opětné kontrole zapojení můžeme přikročit k oživení a nastavení zesilovače.

Díky vlastnostem integrovaného obvodu MBA810 jsou tyto operace velmi jednoduché. Na výstup zesilovače připojíme předepsaný zatěžovací odpor (4 Ω) a přes ampérmetr připojíme napájecí napětí. Klidový odběr proudu (bez vybuzení) kontrolujeme zvlášť pro každý kanál stereofonního zesilovače. Je-li klidový odběr proudu v mezích 8 až 20 mA, je vše v pořádku a můžeme zesilovač zkoušet signálem z generátoru.

Paralelně k zatěžovacímu odporu připojíme osciloskop a nf milivoltmetr, na vstup (horní konec potenciometru hlasitosti) připojíme nf generátor. Potenciometr hlasitosti nastavíme na největší hlasitost, potenciometr vyvážení asi do středu odporové dráhy. Výstupní signál generátoru nastavíme na kmitočet 1 kHz a jeho velikost tak, aby byl výstupní signál zesilovače nepatrně omezován. Zjistíme velikost vstupního signálu – udává citlivost pro plné vybuzení. Potom změříme signál na výstupu zesilovače nf milivoltmetrem; výstupní výkon můžeme určit ze vztahu

$$P = U^2_{výst}/R \quad [W; V, \Omega].$$

Po této základní kontrole kontrolujeme kmitočtovou charakteristiku. Výstupní napětí generátoru zmenšíme tak, aby byl výstupní výkon asi poloviční (tj. asi 3 W). Prolaďujeme nf generátor a průběžně si zaznamenáváme údaje výstupního milivoltmetru. Vstupní napětí udržujeme na konstantní velikosti. Byly-li ke stavbě použity změřené součástky běžných tolerancí (±10 %), musí být naměřené údaje v souladu s uvedenými technickými údaji.

Při proměřování zesilovače sinusovým signálem (především tehdy, používáme-li tvrdý zdroj napájecího napětí a napětí u horní meze povolené velikosti, tj. asi 20 V), je vhodné sledovat teplotu pouzdra MBA810, abychom integrovaný obvod nezničili tepelným přetížením. Provoz za mezních povolených parametrů je možný totiž pouze tehdy, postaráme-li se o dokonalý odvod tepla z pouzdra *IO* chladičem, který bude mít co nejlepší styk s širokými středními vývody pouzdra; doporučuje se opatřit styčné plochy vývodů a chladiče silikonovou vazelínou.

V současné době se v n. p. TESLA Rožnov dokončuje vývoj podobného zesilovače (má mít označení MBA810S), který bude mít ve vnitřní struktuře tepelnou pojistku. Tato pojistka pak samočinně omezí buzení koncového stupně v závislosti na teplotě uvnitř pouzdra tak, aby se obvod přehřátím zničit nemohl. Při zmenšování výstupního výkonu nebude výstupní signál nijak deformován, tzn., že pojistka sama nevnáší do signálu žádná zkreslení.

Závěrem ještě několik slov k napájecímu zdroji. Chceme-li zesilovač provozovat na mezi jeho možností (tj. chceme-li dosáhnout maximálního výstupního výkonu), musíme ho napájet ze zdroje, jehož výstupní napětí bude konstantní a rovné dovolenému maximálnímu napájecímu napětí i při relativně velkém odběru proudu. Při použití běžného zdroje s usměrňovačem a vyhlazovacím kondenzátorem je třeba počítat s tím, že při zatížení se i při dobře navrženém transformátoru zmenší výstupní napětí zdroje např. z původních asi 20 V až na 14 až 16 V. Při napájecím napětí v uvedeném rozmezí maximálního výkonu dosáhnout nelze, je tedy třeba použít stabilizátor (nejlépe s elektronickou pojistkou, která omezuje výstupní proud asi na 1,5 až 2 A). Velmi dobře se např. hodí zdroj, který bude dále popsán; je ovšem třeba použít vhodný typ Zenerovy diody a vypočítat odpory R_1 a R_2 (obr. 7).

Transformátor zdroje je vhodné navrhnout tak, aby se stejnosměrné napětí na filtračním kondenzátoru za usměrňovačem zmenšilo při plném vybuzení asi na 18 V, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám na regulačním tranzistoru stabilizátoru.

Seznam součástek

Potenciometry	
P_1, P'_1	100 kΩ, logaritmický, TP 283
P_2	47 Ω, TP 680 nebo WN 691 70
Odpory	
R_1, R'_1	TR 151, 100 Ω
R_2, R'_2	TR 144, 22 Ω
R_3, R'_3	TR 144, 1 Ω
Kondenzátory	
C_1, C'_1	TE 984, 100 μF/15 V
C_2, C'_2	TE 982, 500 μF/10 V
C_3, C'_3	TE 003, 100 μF/10 V
C_4, C'_4	560 pF, keramický
C_5, C'_5	3,3 nF, keramický
C_6, C'_6	TK 783, 0,1 μF (keramický)
C_7, C'_7	TE 984, 1000 μF/15 V
C_8, C'_8	TE 984, 100 μF/15 V
Deska s plošnými spoji	
464 B (viz poznámku na str. 151)	

Integrované obvody
IO_1, IO_2 MBA810 (MBA810A)

Chceme-li stavět jen jeden kanál zesilovače, zvolíme jako R_2 odpor asi 47 Ω a jeho konec, který je ve schématu stereofonního zesilovače spojen s potenciometrem P_2, uzemníme. Jako P_1 pak použijeme samozřejmě nikoli tandemový, ale jednoduchý potenciometr.

Literatura

[1] Radiový konstruktér č. 5/1974, str. 45 až 53.
[2] Technical Note SGS-ATES.

NAPÁJECÍ ZDROJE

Jak vyplynulo mimo jiné i z ankety AR, uspořádané redakcí začátkem tohoto roku, mají čtenáři obou časopisů redakce (AR/A i AR/B) nejrůznější zájmy a různě i přistupují k obsahu jednotlivých čísel. Jsou čtenáři, kteří v článcích hledají spíše inspiraci, námět nebo informace o zapojení, které potom učiní na čas předmětem svého zájmu, snaží se jej různě vylepšovat, upravovat pro jiné pracovní podmínky nebo jiné součástky a kteří nelitují žádných (především časových) obětí, které musí této činnosti přinést. To jsou právě a především ti, jimž se určitá činnost (v tomto případě elektronika) stala koníčkem. Jiný druh čtenářů bere odborný časopis jako zdroj aktuálních informací, které mu pomáhají v jeho profesi – ať již při řešení konkrétních pracovních úkolů, nebo při růstu odborné úrovně. Tito čtenáři vyhledávají většinou solidně propracované a do konce dovedené konstrukce, ať již jde o složitá zařízení, nebo pouze o jednotlivé konstrukční díly těchto zařízení. Dále ovšem existuje velmi početná skupina čtenářů, kteří mají charakteristické znaky obou uvedených skupin.

Následující stránky jsou věnovány několika obvodům, které nedávají mnoho možností k úpravám nebo podstatným změnám. Jde o zapojení, která mohou sloužit jako stavební díly při konstrukci složitějších přístrojů. Jejich využití však může přinést určitou úsporu času, neboť se není třeba při jejich použití zabývat návrhem obvodu, návrhem desky s plošnými spoji, měřením a zkoušením atd. Jde o zapojení různých stabilizovaných zdrojů celkem běžných parametrů, které lze mnohostranně použít v nejrůznějších přístrojích a zařízeních. Parametry obvodů byly však přesně změřeny na vzorcích a lze jim důvěřovat, protože vzorky byly zhotoveny v několika kusech. Je tedy pouze třeba vědět, jaké požadavky budou na zdroj kladeny vzhledem k napájenému zařízení a srovnáním posoudit, který z popisovaných zdrojů by vyhověl nejlépe.

Stabilizované zdroje k napájení číslicových integrovaných obvodů

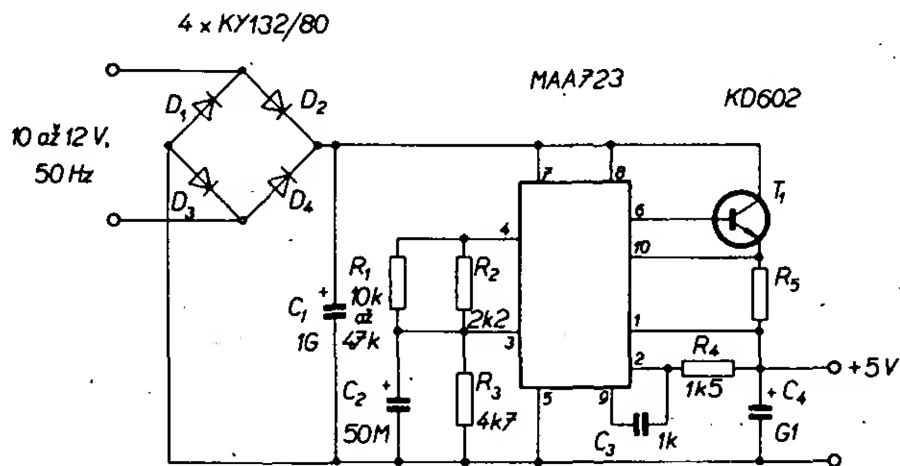
Jak je všeobecně známo, číslicové integrované obvody řady MH se napájejí napětím 5 V. Požadavky na stabilitu výstupního napětí zdrojů nejsou zvláštní, ve většině případů vyhoví stabilita výstupního napětí ±5 %, což lze za běžných podmínek splnit bez velkých potíží.

Zapojení stabilizátoru na obr. 7 je běžné, uvádíme ho především proto, že je velmi praktické, neboť je na poměrně velmi malé desce s plošnými spoji, a to včetně usměrňovače a filtru. Jak je z obr. 7 zřejmé, jde o stabilizátor s integrovaným obvodem MAA723, který je doplněn proudovým zesilovačem (emitorový sledovač s výkonovým tranzistorem).

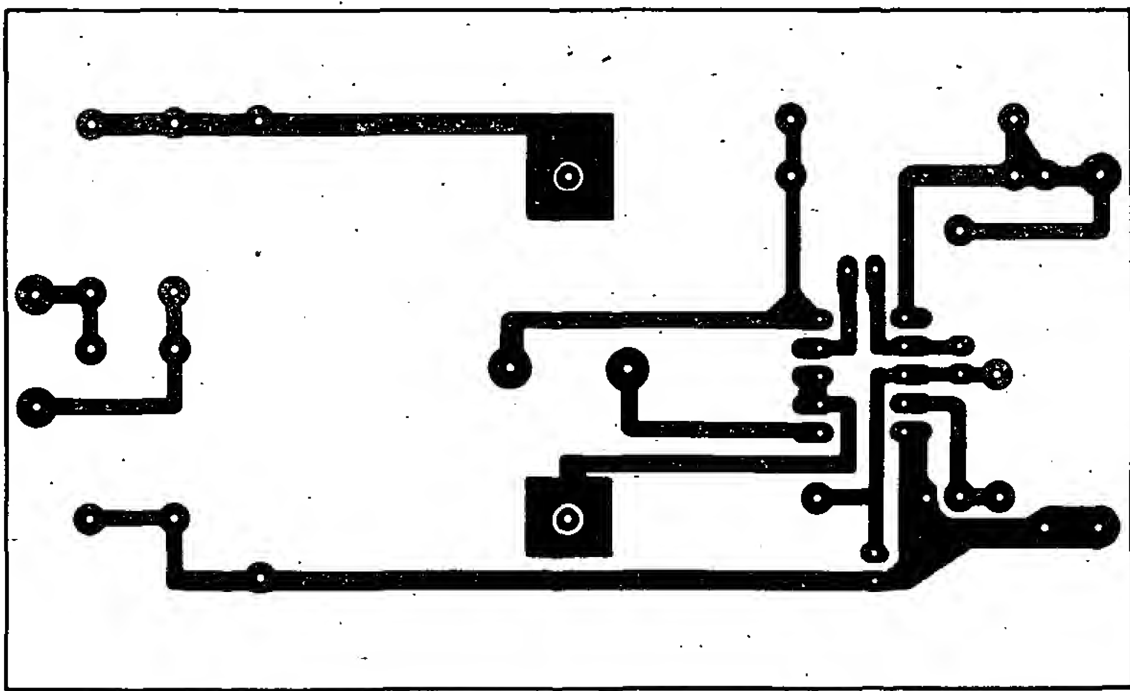
Diferenční zesilovač regulační odchylky, obsažený ve struktuře integrovaného obvodu, má neinvertující vstup (vývod č. *3*) připojen na odporový dělič (odpory R_1, R_2 a R_3). Napětí referenčního zdroje v *IO* (asi 7 V na vývodu č. *4*) se děličem zmenší na 5 V. Protože je regulační smyčka v rovnováze jen tehdy, je-li na invertujícím vstupu (vývod č. *2*) napětí stejné velikosti, a protože je tento vstup připojen k výstupu stabilizátoru, bude i na invertujícím vstupu napětí 5 V. (Všechna napětí jsou měřena proti společnému, zemnícímu neboli nulovému vodiči.)

Odpor R_4, zařazený mezi výstup stabilizátoru a invertující vstup, je přibližně stejný jako výstupní odpor děliče referenčního napětí v místě, kde je k děliči připojen vstup zesilovače regulační odchylky. Tím se kompenzuje vliv změny proudů, tekoucích do bází tranzistorů tohoto zesilovače.

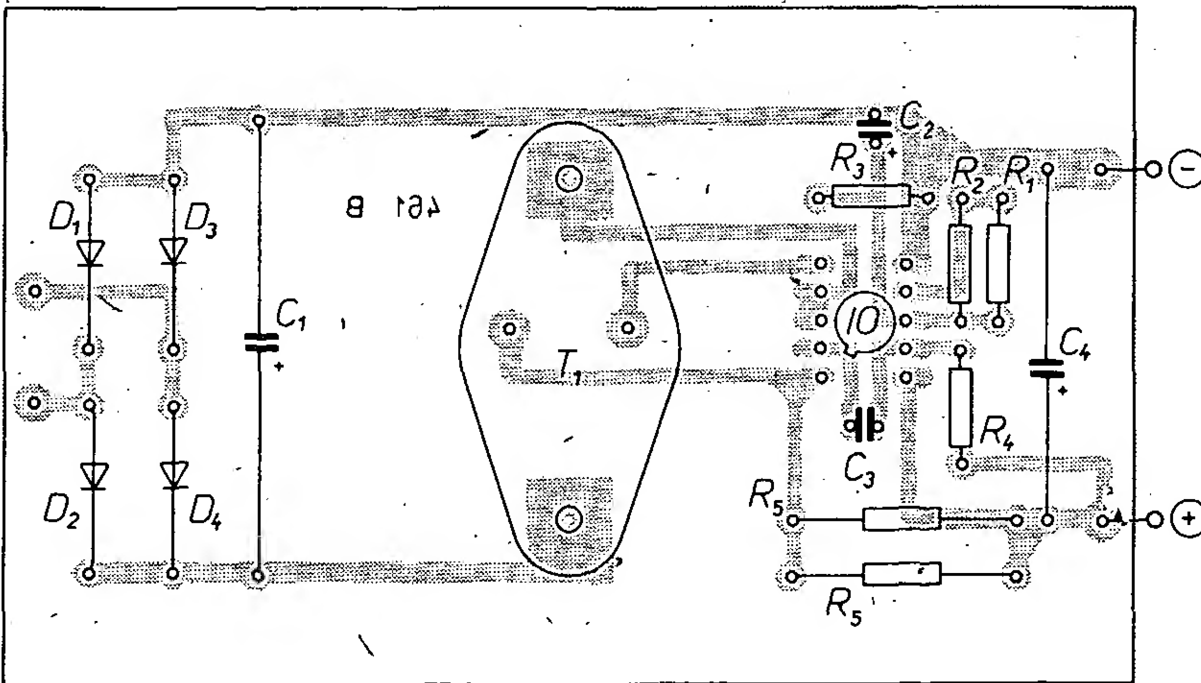
Výstupní tranzistor vnitřní struktury integrovaného obvodu lze zatěžovat proudem maximálně 150 mA. Proto se tento výstup (vývod č. *6*) používá k buzení výkonového tranzistoru T_1. Mezi emitor tohoto tranzistoru a výstupní svorku stabilizátoru je zapojen odpor R_5 elektronické pojistky. Odpor určíme podle proudu, který má být maximálním odebíraným proudem stabilizátoru. Při výpočtu odporu vycházíme z toho, že pojistka omezí proud na velikost, při níž se na odporu R_5 vytvoří úbytek napětí asi 0,65 V. Platí tedy vztah, že maximální výstupní proud I_0 je



Obr. 7. Stabilizovaný zdroj 5 V s integrovaným stabilizátorem MAA723



Obr. 8. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji stabilizovaného zdroje podle obr. 7 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151



Obr. 9. Deska stabilizovaného zdroje s MAA723, osazená součástkami

$$I_0 = \frac{0,65}{R} \quad [A; \Omega].$$

Příklad: výstupní proud stabilizátoru bude omezen na 0,8 A, bude-li R_5 = 0,81 Ω.

Kondenzátor C_2 filtruje dodatečně referenční napětí a tím zlepšuje činitel potlačení zvlnění napětí na výstupu stabilizátoru vzhledem ke zvlnění, které lze změřit na kondenzátoru C_1.

Kondenzátor C_3 zajišťuje stabilitu regulační smyčky. Jeho kapacita není kritická, pouze větší kapacity způsobují zpomalení odezvy stabilizátoru na změny zátěže.

Stabilizátor je napájen ze zdroje, který je tvořen můstkovým usměrňovačem a vyhlazovacím kondenzátorem C_1. Minimální napájecí napětí pro integrovaný obvod, při němž je ještě zajištěna jeho spolehlivá činnost, je 9,5 V. Proto musíme dbát na to, aby sekundární napětí použitého transformátoru bylo zvoleno tak, aby na vývodech č. 7 a *8* integrovaného obvodu bylo napětí 9,5 V i při maximálním odběru proudu ze stabilizátoru.

Stavba, oživení a seřízení

Použijeme-li ke stavbě zdroje ověřené součástky, nebude oživení zdroje činit žádné potíže. Do desky s plošnými spoji (předloha ke zhotovení desky je ze strany spojů a v měřítku 1 : 1 na obr. 8, deska osazená součástkami je na obr. 9) zapájíme všechny součástky (kromě odporu R_1), vypočteme a zapojíme i odpor pojistky R_5. Odpory menší než 1 Ω se běžně realizují odporovým drátem vhodné délky a vhodného průměru, v našem případě jsme se s tímto problémem vypořádali tak, že je deska s plošnými spoji navržena pro použití odporů z řady TR 144, které se vyrábějí již od 1 Ω. Zapojíme-li tedy do desky jeden odpor TR 144, 1 Ω, bude výstupní proud omezován přibližně na 0,65 A. Zapojíme-li do desky tyto odpory dva paralelně, bude výstupní proud omezován asi při 1,3 A. Omezení výstupního proudu nad 1 A dosáhneme, zapojíme-li paralelně odpory 1 Ω a 1,8 Ω. Výkonová zatížitelnost odporů vyhoví ve všech jmenovaných případech.

Předpokládejme, že odpor R_5 je zvolen tak, že výstupní proud bude omezen při odběru proudu větším než 50 mA. Výstup zdroje zatížíme odporem 100 Ω (alespoň 0,25 W) a na vstup usměrňovače přivedeme dostatečně „tvrdé" napětí 10 až 12 V (střídavé napětí). Paralelně k zatěžovacímu odporu připojíme voltmetr a výběrem R_1 nastavíme výstupní napětí přesně na 5 V.

Tím je celý stabilizátor nastaven a zdroj je připraven k použití.

Technické vlastnosti

Nejdůležitější vlastnostmi stabilizovaných zdrojů pro běžné aplikace jsou činitel stabilizace a výstupní odpor. Činitel stabilizace vystihuje, jak se na výstup stabilizátoru přenášejí změny vstupního napětí; bude-li např. činitel stabilizace 1000, potom se při změně vstupního napětí o 1 V změní výstupní napětí o 1 mV.

Výstupní odpor zase určuje, jak se stabilizátor chová při změnách zátěže. Bude-li např. výstupní odpor stabilizátoru 50 mΩ, pak se při změně výstupního proudu o 0,8 A změní výstupní napětí o 40 mV.

U popisovaného stabilizátoru byl naměřen činitel stabilizace 5000, jeho vnitřní odpor byl 4 mΩ.

Seznam součástek

Polovodičové prvky

IO	MAA723
T_1	KD602
D_1 až D_4	KY132/80

Odpory

R_1	10 až 47 kΩ (viz text)
R_2	TR 151, 2,2 kΩ
R_3	TR 151, 4,7 kΩ
R_4	TR 151, 1,5 kΩ
R_5	TR 144, viz text

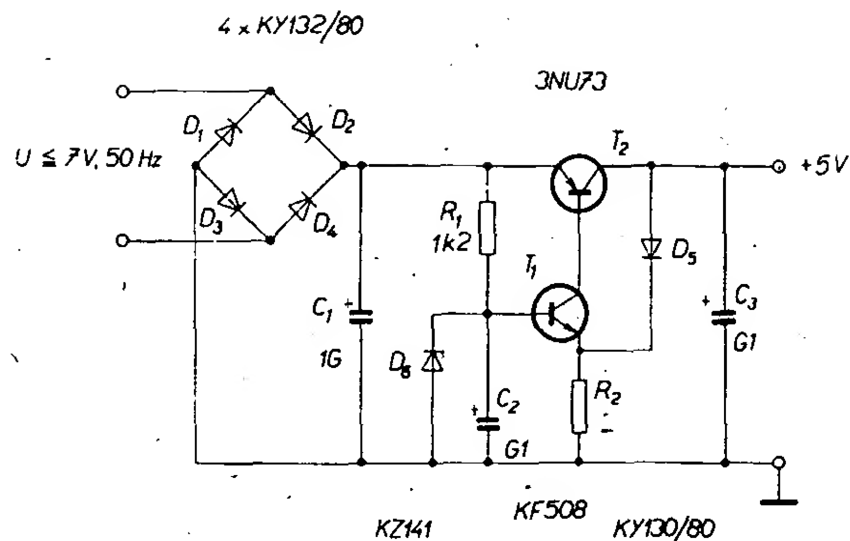
Kondenzátory

C_1	TE 984, 1000 µF/15 V
C_2	TE 002, 50 µF/6 V
C_3	1 nF, keramický
C_4	TE 981, 100 µF/6 V

Deska s plošnými spoji

461 B (viz poznámku na str. 151)

Síťový transformátor podle odebíraného proudu (viz text)



Obr. 10. Jednoduchý jištěný stabilizovaný zdroj 5 V s germaniovým výkonovým tranzistorem

JEDNODUCHÝ A ÚSPORNÝ STABILIZÁTOR NAPĚTÍ 5 V

Zapojení jednoduchého a úsporného stabilizátoru 5 V je na obr. 10. I tento stabilizátor vyhovuje svými parametry pro běžná zapojení s číslicovými integrovanými obvody. Jde o zapojení, maximálně využívající zesílení tranzistorů, které je vybaveno elektronickou pojistkou, která spolehlivě chrání zdroj proti zkratům na výstupu. Velikost proudu, od kterého dochází k omezení, je závislá na odporu R_2 a na proudovém zesilovacím činiteli tranzistoru T_2.

Zpětná vazba stabilizátoru je uzavřena přes diodu D_5. Protože je v rovnovážném stavu dioda otevřena, je na emitoru tranzistoru T_1 výstupní napětí, zmenšené asi o 0,6 V (úbytek napětí na polovodičovém přechodu). Na bázi tohoto tranzistoru musí být napětí větší asi o 0,6 V, než je na emitoru. Protože napětí na bázi tranzistoru je závislé na napětí Zenerovy diody D_6, bude výstupní napětí stabilizátoru závislé na napětí Zenerovy diody.

Tranzistor T_1 je vlastně zdrojem konstantního proudu (pevné napětí na bázi, odpor v emitoru). Tento proud je dán odporem R_2 (je-li U_B = konst. = 5 V). Odpor můžeme určit ze vztahu

$$I_{T1} = \frac{U_B - 0,6}{R_2} \quad [mA; V, k\Omega].$$

Pak již závisí pouze na proudovém zesilovacím činiteli T_2, jak velký proud je schopen tranzistor poskytnout při tomto „buzení". Uvedeme si příklad: chceme, aby stabilizátor poskytoval proud až 0,6 A. Vypočítáme tedy odpor R_2 tak, aby k omezení výstupního proudu došlo při 0,75 A.

Nejprve si změříme proud, potřebný k vybuzení tranzistoru na I_C = 0,75 A. Naměříme např. 16,6 mA (tranzistor má tedy zesílení 45, tj. jeho proudový zesilovací činitel je 45). Z tohoto údaje vypočítáme R_2 podle výše uvedeného vztahu

$$R_2 = \frac{U_B - 0,6}{I_{T1}} \quad [k\Omega; V, mA].$$

Dosadíme-li do této rovnice, dostaneme R_2 = 265 Ω, použijeme nejblíže vyšší odpor v řadě, tj. 270 Ω. Kontrolním výpočtem zjistíme pak skutečnou velikost proudu, při níž dojde k omezení

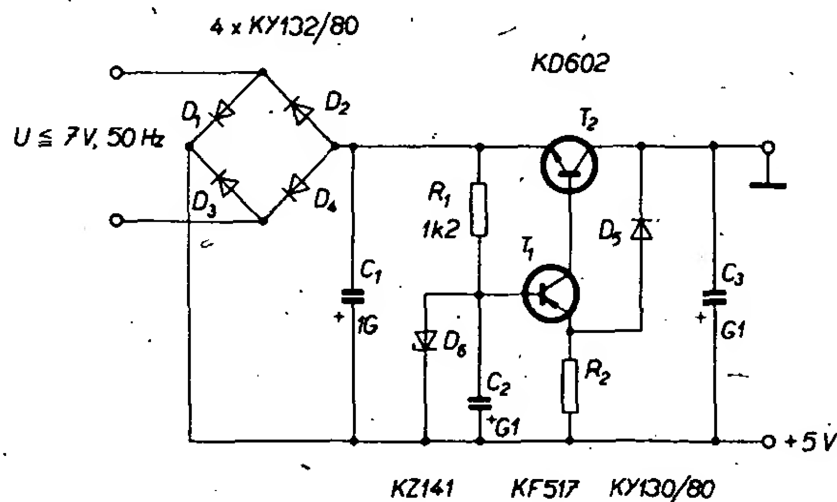
$$I_{omez} = \frac{(U_B - 0,6)}{R_2} h_{21E} = \frac{4,4}{0,265} \cdot 45 \doteq 0,747 \text{ A}.$$

V zapojení je nutno použít komplementární tranzistory. Proto byl jako T_2 zvolen germaniový tranzistor, neboť výkonový křemíkový tranzistor p-n-p není zatím běžně na trhu (i když je již uveden v novém katalogu n. p. TESLA Rožnov pod označením KD617). Kdo má nedůvěru ke germaniovým tranzistorům, může použít zapojení na obr. 11, pro obě zapojení platí jedna deska s plošnými spoji, pouze se zamění tranzistory za typy s opačnou vodivostí a zamění se polarita elektrolytických kondenzátorů a diod.

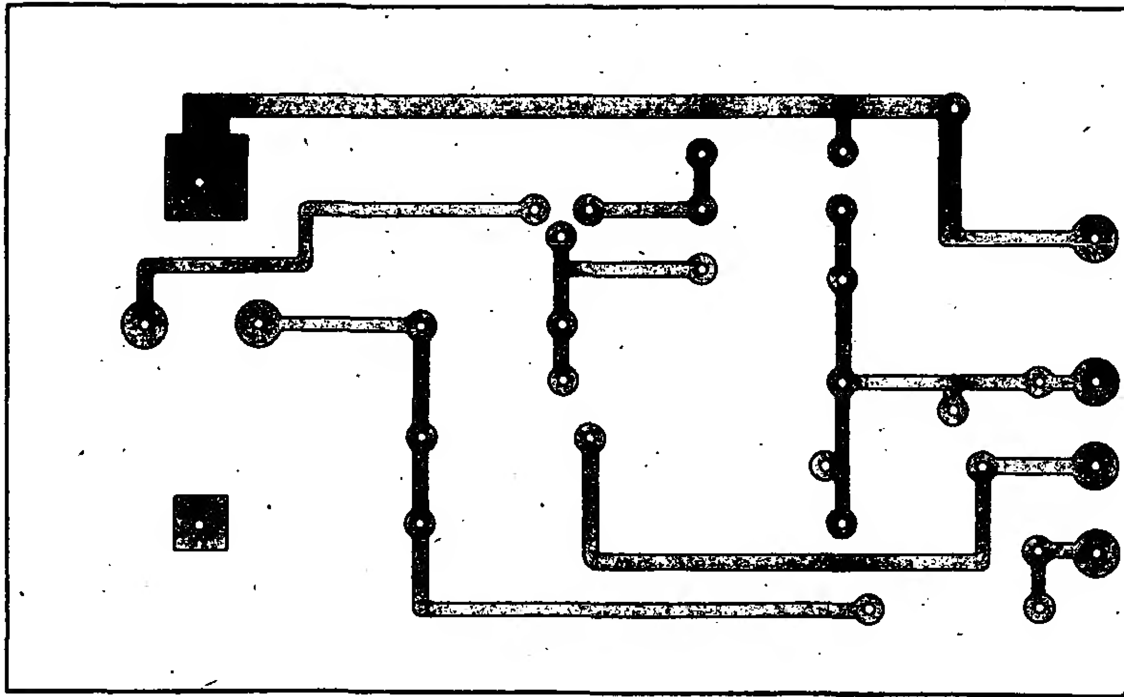
Napáječ stabilizátoru se přesně shoduje s obvody na obr. 7, proto se není třeba o něm šířeji zmiňovat.

Technické údaje

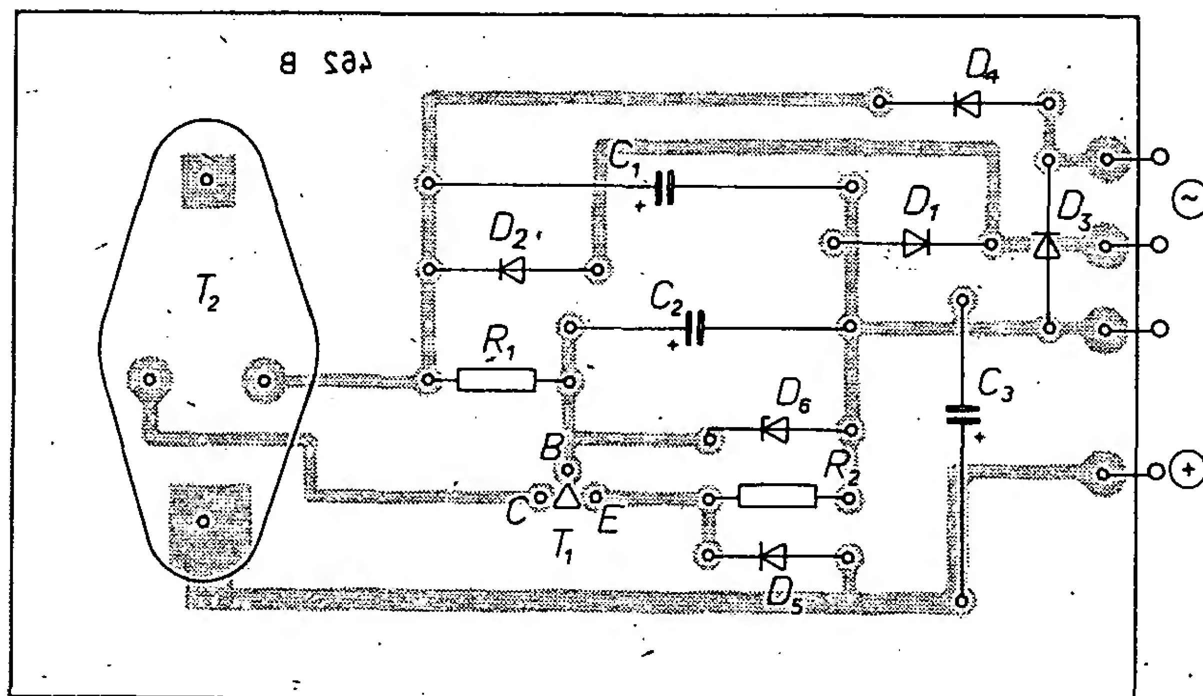
Vzorek s germaniovým tranzistorem 3NU73 (OC26 – čekal v rohu zásuvky na



Obr. 11. Jednoduchý jištěný stabilizovaný zdroj 5 V s křemíkovými tranzistory



Obr. 12. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji stabilizovaných zdrojů podle obr. 11 a 12 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151



Obr. 13. Deska s plošnými spoji z obr. 12, osazená součástkami

svoji příležitost) – tranzistor měl při proudu 0,8 A zesilovací činitel 105. K omezení výstupního proudu 0,9 A vyhověl odpor R_2 = 560 Ω. (Je zřejmá dobrá shoda mezi výpočtem a naměřeným údajem). Činitel stabilizace byl 20 (při změně napětí na C_1 z 10 na 9 V se napětí na C_2 zmenšilo o 50 mV). Vnitřní odpor stabilizátoru byl změřen při změně zatěžovacího proudu o 500 mA, byla naměřena velikost 0,3 Ω (zmenšení výstupního napětí o 150 mV).

Seznam součástek

Zdroj podle obr. 10

Polovodičové prvky

T_1	KF508
T_2	OC26 (3NU73)
D_1 až D_4	KY132/80
D_5	KY130/80
D_6	KZ141

Odpory

R_1	TR 151, 1,2 kΩ
R_2	viz text

Kondenzátory

C_1	TE 984, 1000 μF/15 V
C_2	TE 981, 100 μF/6 V
C_3	TE 981, 100 μF/6 V

Zdroj podle obr. 11

Polovodičové prvky

T_1	KF517
T_2	KD602

Ostatní součástky jsou shodné se součástkami zdroje podle obr. 10. Deska s plošnými spoji je 462 B (viz pozn. na str. 151).

Použití

Popisovaný stabilizátor lze použít i pro jiné účely než pro napájení číslicových *IO*. Svými dobrými parametry a svou lácí se uplatní v napáječích širokého okruhu spotřebičů, jako jsou rozhlasové přijímače, magnetofony apod., ale i elektrické vláčky atd. Výstupní napětí zdroje lze měnit v širokých mezích volbou Zénerovy diody. Zdroj lze realizovat i s proměnným výstupním napětím, připojíme-li bázi tranzistoru T_1 k běžci potenciometru, zapojenému paralelně ke zdroji referenčního napětí. V takovém případě se ovšem se změnou výstupního napětí mění i omezovací proud (pokud se současně nemění i odpor R_2).

Abychom mohli v uvedeném případě měnit výstupní napětí od nuly, je třeba mezi spodní konec potenciometru a zem (společný vodič) zapojit křemíkovou diodu, zapojenou v propustném směru, a to proto, že stabilizátor začíná pracovat až tehdy, zvětší-li se napětí na bázi tranzistoru-zdroje konstantního proudu nad velikost asi 0,6 V.

Zdroj je opět konstruován na desce s plošnými spoji podle předlohy na obr. 12 (ze strany spojů, velikost 1 : 1); deska osazená součástkami je na obr. 13.

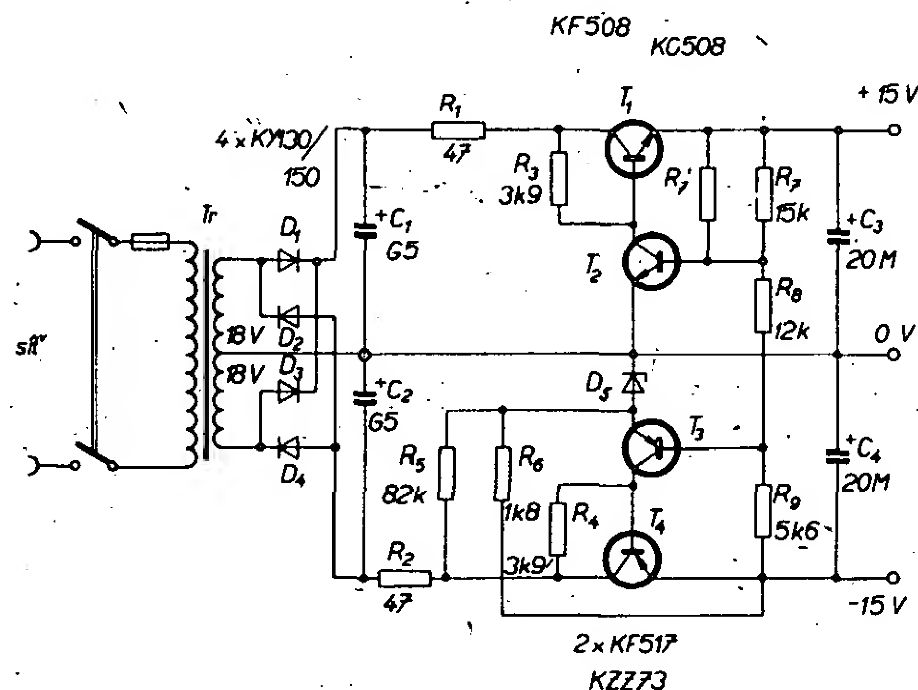
Literatura

[1] *Nye, A.*: Simple current-limited stabilizer. Wireless World č. 1452/1973.

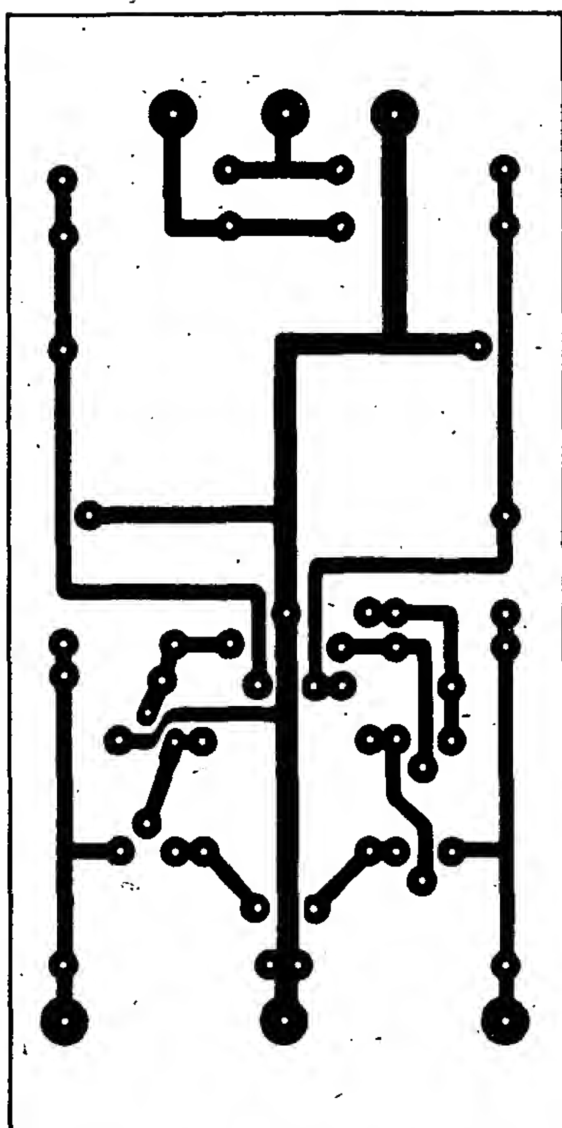
STABILIZOVANÝ ZDROJ K NAPÁJENÍ OPERAČNÍCH ZESILOVAČŮ

Pro napájení operačních zesilovačů byla již uveřejněna řada různých stabilizátorů s nejrůznějšími parametry. Při volbě zapojení (lépe řečeno při formulaci požadavků na napájecí zdroj) je do značné míry rozhodující, zda výstupní napětí stabilizátoru bude sloužit pouze k napájení samotných operačních zesilovačů, nebo zda bude současně sloužit jako referenční napětí. Ve druhém případě budou totiž požadavky na napájecí zdroj podstatně přísnější, neboť pak se jeho vlastnosti většinou přímo podílejí na vlastnostech celého zařízení. Naproti tomu citlivost operačních zesilovačů na změny napájecího napětí (především na stejné změny v obou napájecích větvích) není velká, takže lze vystačit i s nenáročným a poměrně jednoduchým zapojením.

Tak lze charakterizovat i zapojení na obr. 14. Na první pohled je zřejmé, že jde o regulátor s tzv. vlečnou regulací. Regulátor s vlečnou regulací se vyznačuje tím, že zpětnovazební napětí jedné poloviny zdroje je vždy určitým způsobem závislé na výstupním napětí druhé poloviny zdroje. Tím se dosáhlo toho, že kolísání výstupního napětí jedné poloviny výstupního napětí zdroje (např. při změnách zátěže vlivem nenulového výstupního odporu) se projeví i ve druhé polovině, takže symetrie obou polovin zdroje (jejich výstupního napětí) vůči společnému vodiči (zemi) zůstává přibližně zachována.



Obr. 14. Jednoduchý stabilizovaný zdroj souměrného napětí ±15 V s omezením zkratového proudu



Obr. 15. Předloha ke zhotovení desky s plošnými spoji souměrného stabilizovaného zdroje z obr. 14 (ze strany spojů, skutečná velikost), viz pozn. na str. 151

UPOZORNĚNÍ

Desky s plošnými spoji, určené ke stavbě obou stabilizovaných zdrojů 5 V, zdroje ±15 V a zesilovače s MBA810 jsou, jak jste si jistě všimli, označeny i kresleny jiným způsobem, než jak tomu bylo doposud. Jde o pokus, jímž chce redakce ušetřit zájemcům o stavbu těchto zařízení čas, nutný ke shánění jednak desek s plošnými spoji, jednak i součástek k jejich osazování. Desky s plošnými spoji si takto bez problémů může zhotovit každý sám, a to i fotograficky cestou. Pokud jde o součástky a o zhotovené desky, lze si objednat kompletní soubory součástek včetně hotové desky s plošnými spoji v jednom balíčku jako stavebnici v pardubické prodejně TESLA. V téže prodejně lze i jednotlivé balíčky zakoupit při osobní návštěvě. Adresa prodejny při objednávce jednotlivých balíčků na dobírku je

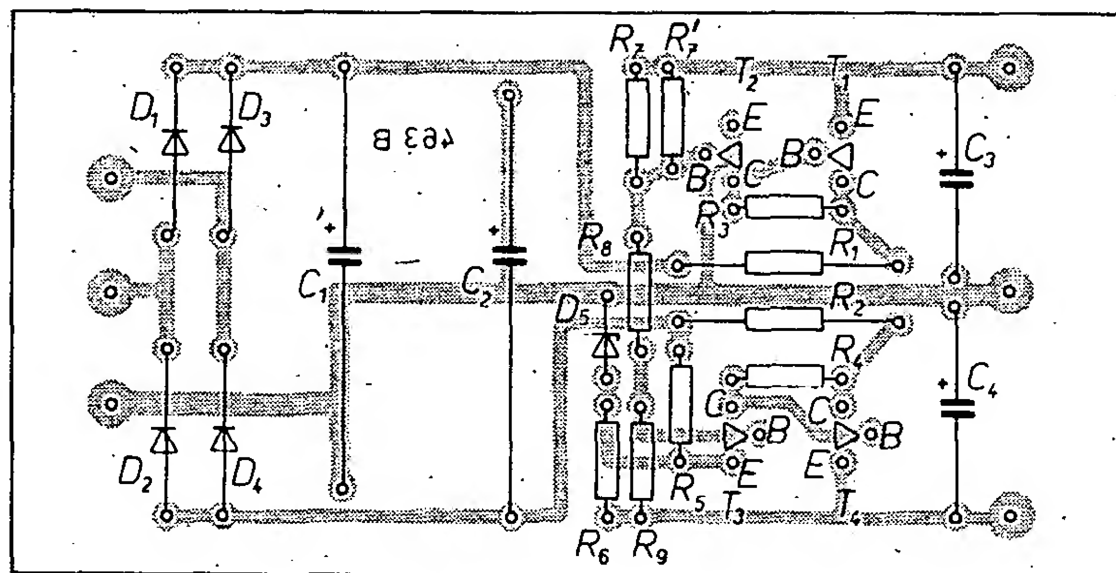
Prodejna TESLA,
Palackého 580,
530 00 Pardubice.

Pokud jde o značení desek, je v čísle, které je na každé desce, zakódováno místo, na němž byla destička v časopisu uveřejněna. Např. deska, označená 463 B – první číslice (4) znamená číslo časopisu, druhá číslice je koncová číslice roku, v němž časopis vyšel (1976), třetí číslice je pořadové číslo desky a závěrečné písmeno ve znaku označuje řadu AR (červené AR – A, modré – B).

Osvědčí-li se tato naše nová služba čtenářům, budeme ji využívat častěji jak v AR-A, tak v AR-B, především u jednodušších konstrukcí, u nichž náklady na nákup součástek nepřevýší asi 500 až 1000 Kčs.

I když máme dohodu s pardubickou prodejnou TESLA, že nás bude informovat o zájmu o tuto naši novou službu, byli bychom rádi, kdyby nám čtenáři napsali, jak na tuto naši akci nahlížejí.

Cena součástek k osazení desky 464B je asi 275,– Kčs, desky 461B asi 275,– Kčs, desky 462B asi 90,– Kčs (s 3NU73), popř. 120,– Kčs (s KD602), desky 463B asi 145,– Kčs.



Obr. 16. Deska s plošnými spoji podle obr. 15, osazená součástkami

Podobně při zkratu v jedné větvi se výstupní napětí zmenší k nule i v druhé větvi stabilizátoru.

Celý stabilizovaný zdroj seřizujeme až po úplném osazení desky s plošnými spoji všemi součástkami.

Technické údaje stabilizátoru

Činitel stabilizace: podle vlastností použitých tranzistorů je asi od 60 do 100.

Vnitřní odpor: asi 2 Ω.

Zkratový proud: při napájecím napětí ± 20 V u kladné větve asi 240 mA, u záporné větve asi 180 mA.

Popis zapojení

Celý stabilizátor má jediný zdroj referenčního napětí, jímž je dioda KZZ73 (nebo podobná). Tato Zenerova dioda je napájena z výstupu stabilizátoru (přes odpor R_6), což kladně ovlivňuje vlastnosti stabilizátoru (především činitel stabilizace). Odpor R_5 napomáhá přechodu stabilizátoru do pracovního režimu po připojení napájecího napětí, jde o tzv. startovací odpor. Velikost napětí na výstupech stabilizátoru je závislá na napětí Zenerovy diody a dále na odporech R_7, R'_7, R_8 a R_9, jejichž výběrem nastavíme napětí na výstupech na požadovanou velikost. Odpory R_1 a R_2 zabezpečují stabilizátor proti zničení při náhodných zkratech na výstupech. Zkratový proud je při napětí na vstupu stabilizátoru ±20 V v kladné větvi asi 240 mA, v záporné větvi asi 180 mA. Bude tedy záviset na napájecím napětí stabilizátoru a na chlazení použitých tranzistorů, bude-li protizkratová ochrana krátkodobá, nebo bude-li možno označit pojistku za ochranu proti trvalému zkratu.

Stabilizátor se napájí z usměrňovače, který je připojen k „dvoucestnému" vinutí síťového transformátoru. Na výstupu usměrňovače jsou zapojeny sběrací kondenzátory C_1 a C_2.

Seřizování stabilizátoru

Po osazení desky s plošnými spoji (předloha ke zhotovení desky je na obr. 15 ze strany spojů, deska osazená součástkami je na obr. 16, viz poz. na straně 151) připojíme k desce střídavé napětí ze sekundárního vinutí síťového transformátoru a zkontrolujeme napětí na Zenerově diodě a potom i napětí na obou výstupech. Výstupy předem zatížíme odpory asi 1 kΩ. Změnou R_7 (paralelním připojením R'_7) nebo R_9 nastavíme symetrii výstupního napětí (na absolutní velikosti většinou příliš nezáleží, neboť není podstatné, jsou-li operační zesilovače napájeny napětím ±14 nebo ±15 V).

Pak stačí překontrolovat činitel stabilizace a vnitřní odpor, popř. činnost pojistky, a stabilizátor je připraven k použití.

Seznam součástek

Polovodičové prvky

T_1	KF508
T_2	KC508
T_3, T_4	KF517
D_1 až D_4	KY130/150
D_5	KZZ73

Odpory

R_1, R_2	TR 144, 47 Ω
R_3, R_4	TR 151, 3,9 kΩ
R_5	TR 151, 82 kΩ
R_6	TR 151, 1,8 kΩ
R_7	TR 151, 15 kΩ
R_8	TR 151, 12 kΩ
R_9	TR 151, 5,6 kΩ

Kondenzátory

C_1, C_2	TE 986, 200 μF/35 V
C_3, C_4	TE 984, 20 μF/15 V

KVADROFONIE
(dokončení z AR B3)

5. Měřicí technika

Měření je alfou i omegou jakékoli konstruktérské činnosti. V amatérských podmínkách s ním bývají sice většinou potíže, mnohé přístroje se však dají celkem jednoduše postavit, jiné vypůjčit a konečně – amatéři radiotechnici mají přece svoji organizaci, Svazarm, mnohé z potřebných přístrojů bývají k dispozici právě v radioklubech Svazarmu a v Hi-Fi klubech. Kromě toho bývají podklady ke konstrukci měřicích přístrojů často uveřejňovány v AR, byly v RK i v jiných časopisech. Proto nebudeme v této kapitole popisovat stavbu běžných měřicích přístrojů, jako jsou např. tónový generátor (byl popsán naposledy v AR A2/76) nebo milivoltmetr. Věnujeme se pouze přístrojům, typickým pro kvadrofonii; ostatní přístroje, obecněji používané, budeme pouze specifikovat z hlediska jejich vlastností, potřebných při měření v kvadrofonní technice.

Tónový generátor, který bývá základním zdrojem signálu, by měl mít kmitočtový rozsah alespoň od 20 Hz do 25 kHz. Výstupní napětí by mělo být alespoň 3 V s co nejjemnějším děličem, aby bylo možno volit potřebná menší výstupní napětí požadované velikosti. Nemáme-li k dispozici měřič zkreslení, nemusíme se snažit, aby měl generátor extrémně malé zkreslení signálu, obvykle zcela vyhoví zkreslení 0,2 až 0,5 %. Máme-li měřič zkreslení, měl by mít generátor zkreslení asi kolem 0,05 %. I takový přístroj byl již v AR popsán. Je vhodné (avšak ne nutné), má-li tónový generátor měřič výstupního napětí.

Druhým základním a velmi důležitým přístrojem je nízkofrekvenční milivoltmetr. Jeho základní rozsah pro plnou výchylku ručky by měl být nejlépe 1 mV, vstupní odpor nejméně 100 kΩ, kmitočtový rozsah alespoň od 10 Hz do 40 kHz. Velmi výhodné je, má-li vstupní dělič milivoltmetru skoky po 10 dB, tedy 1, 3,16, 10, 31,6 atd. Tím se velmi zjednodušuje čtení údajů, protože v nízkofrekvenční technice pracujeme s dB velmi často. Přístroj by měl mít také stupnici, ocejchovanou v decibelech.

Poslední ze základní trojice přístrojů je osciloskop. Při trochu serióznější práci se bez něho neobejdeme, především při nastavování nf přístrojů a jejich uvádění do chodu. Na osciloskop pro nf techniku nejsou kladeny žádné zvláštní nároky. Měl by mít dobrý vertikální, avšak i horizontální zesilovač; zesilovače mohou být střídavé s rozsahem maximálně do 1 MHz. Časová základna by měla umožňovat snadnou synchronizaci signálů měřených kmitočtů a měla by mít rozsah alespoň do 20 kHz.

K této základní trojici patří ještě jeden, velmi důležitý „přístroj". Je to zatěžovací odpor pro měření výkonových zesilovačů. Lze si ho poměrně snadno zhotovit z odporového drátu. Je vhodné, je-li odpor předimenzován a dobře chlazen, protože pak se jeho odpor mění s teplotou minimálně. Velmi dobře vyhoví k měření běžných zesilovačů s výstupním výkonem do 25 W odpory pro zatížení asi 100 W. Ty se pak při měření zahřívají jen nepatrně a neovlivňují výsledky měření.

Zcela univerzálními přístroji, bez nichž se při měření nf zařízení též neobejdeme, jsou stejnosměrný voltmetr a ampérmetr. Jejich rozsahy by měly být asi 1 až 100 V a 0,01 až 5 či 10 A. K těmto přístrojům lze ještě přiřadit stabilizovaný zdroj s výstupním napětím asi do 30 V pro výstupní proud 1 až 2 A. Takovým zdrojem nelze sice napájet zesilovače s velkými výstupními výkony, avšak i v profesionální technice se podobné zesilovače nastavují předběžně na takových zdrojích a k definitivnímu nastavení se použije zdroj přímo v zesilovači.

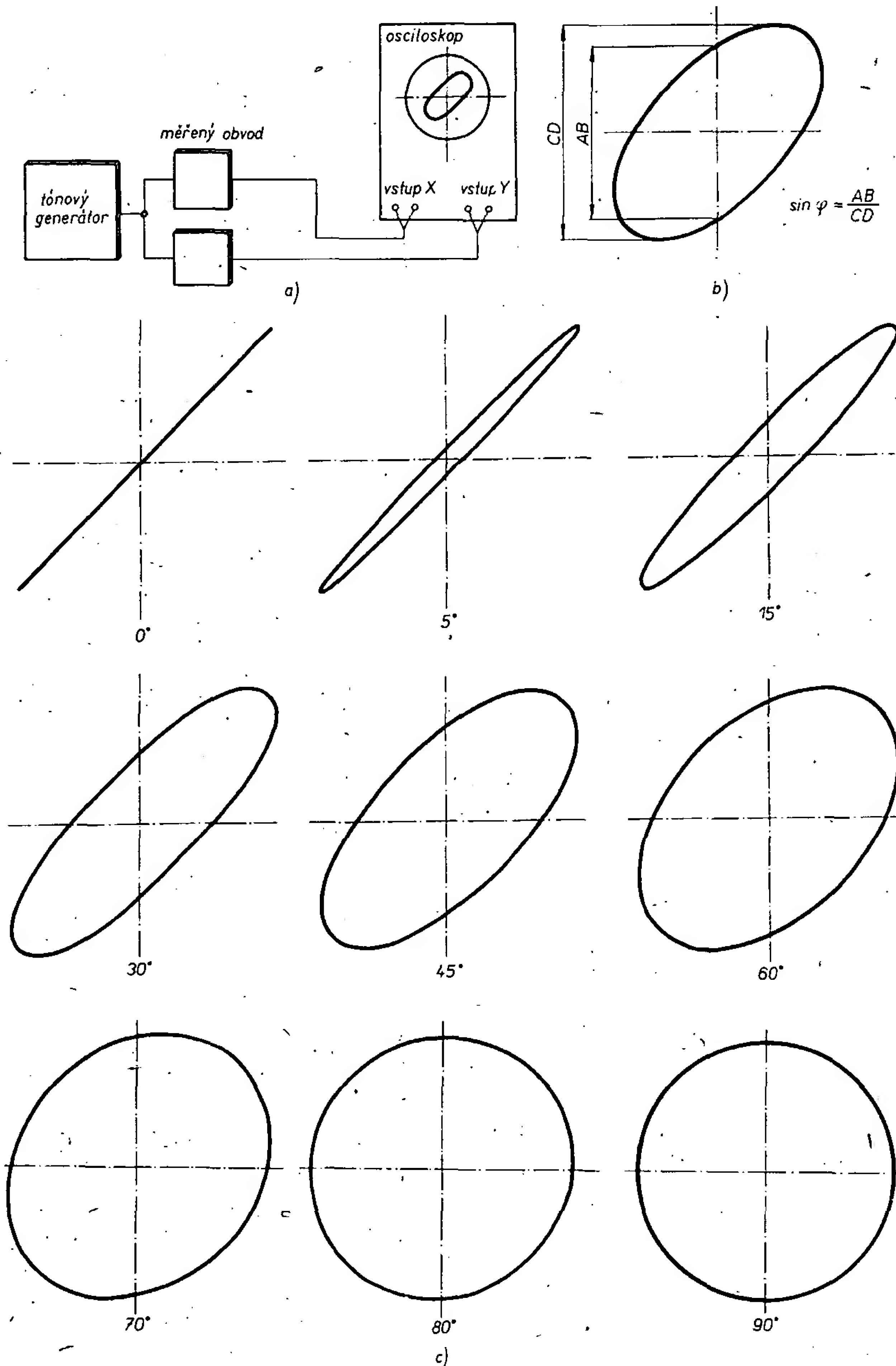
Dalšími, méně běžnými přístroji jsou např. měřič nelineárního a intermodulačního zkreslení. Oba jsou poměrně značně složité a obvykle je vhodnější si je vypůjčit než stavět, neboť se přece jen nepoužívají tak často, jako dříve vyjmenované přístroje.

Vyjmenované přístroje jsou základními přístroji pro nf techniku. V kvadrofonii k nim přistupuje zejména měřič fáze a různé zdroje zakódovaného kvadrofonního signálu. Jejich stavba bude popsána v této závěrečné kapitole AR B.

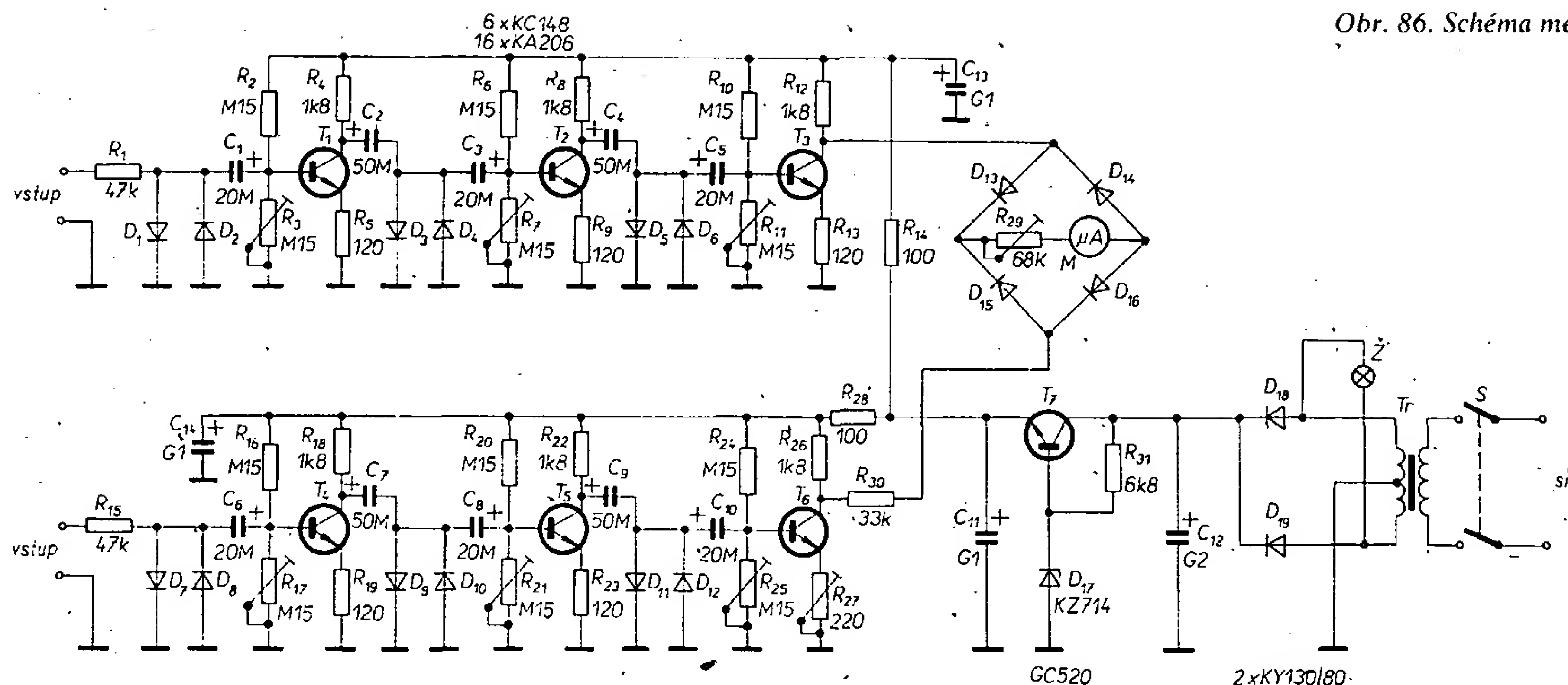
5.1. Měření fáze

Fáze se dosud v nf technice neměřila příliš často, spíše naopak. Proto se také měřiče fáze jako samostatné přístroje nevyskytují většinou ani na profesionálních pracovištích. Teprve v kvadrofonní technice vyvstává potřeba měřit fázový posuv častěji a měřič fáze se stává přístrojem takřka nezbytným. Budeme-li chtít měřit fázový posuv jen přibližně a např. pouze na jediném (našem) dekodéru, u něhož se můžeme spokojit pouze s informativním údajem, pak vystačíme s osciloskopem. Pro častější a především přesnější měření je však měřič fáze nezbytný.

Osciloskopická metoda měření fázového úhlu byla podrobně popsána v kapitole 3.1. Tam jsme si ozřejmili, že se změna fáze na obrazovce osciloskopu určuje nesnadno, mění-li se současně s fází i amplituda porovnávaných signálů. Přesto však této metody měření posuvu fáze využíváme často, obvykle se při ní používají přístroje, zapojené podle obr. 85a. Znovu je třeba podotknout, že stopa (přímka na stínítku) každého z obou vstupních signálů musí být stejně dlouhá. Tzn., že buď musí být oba signály stejně velké, nebo musíme nastavit zesílení zesilo-



Obr. 85. Měření fáze osciloskopem (a), výpočet fázového úhlu z obrazce na stínítku osciloskopu (b) a obrazce na stínítku osciloskopu pro různé úhly fázového posuvu (c)

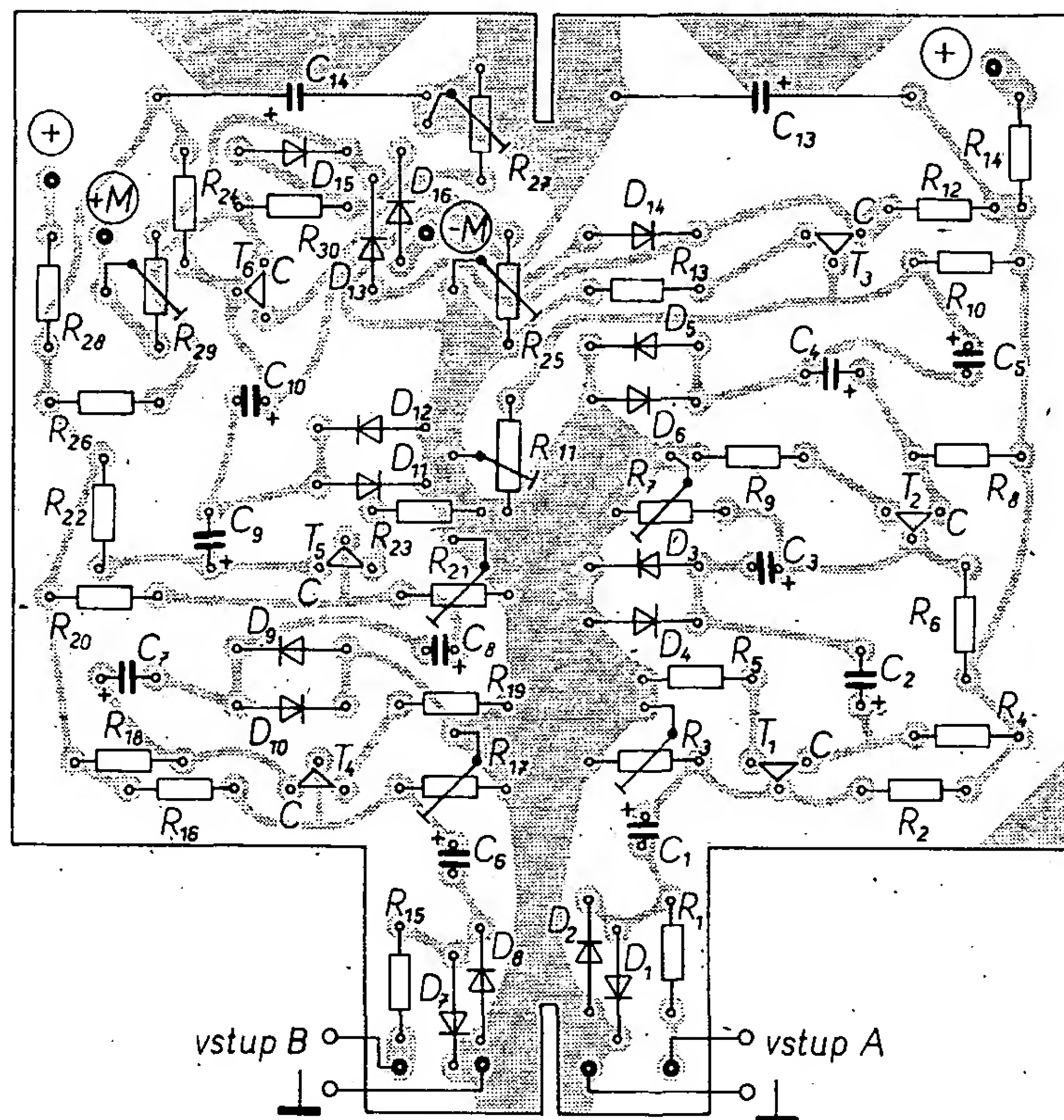


vačů (horizontálního a vertikálního) tak, aby byla splněna uvedená podmínka. Jak se vypočítává fázový posuv z obrazu elipsy na stínítku, je zřejmé z obr. 85b. Na obr. 85c jsou pak příklady obrazců pro různé fázové posuvy. Z obr. 85c vyplývá i to, čím je tato metoda měření změny fáze nevýhodná: fázový rozdíl 5° lze od soufázového průběhu bezpečně poznat (soufázový průběh = fáze 0°), rozdíly mezi fázovými posuvy 80° a 90° jsou však téměř nepostřehnutelné. Protože se v této oblasti fázových posuvů (kolem 90°) měří v kvadrofonní technice nejčastěji, je zřejmé, že k měření fáze bude výhodnější vždy měřič fáze než osciloskop.

Měřič fáze je přístroj poměrně jednoduchý. Jeho schéma je na obr. 86. Při návrhu i stavbě přístroje jsem sledoval především to, aby byl přístroj co nejjednodušší a nejlevnější, aby si ho mohl snadno postavit každý zájemce. Je pochopitelné, že by v současné době bylo možno postavit přístroj s integrovanými obvody a mnohem „elegantněji", ovšem za cenu mnohem větších finančních i jiných nároků.

Činnost přístroje je jednoduchá: dva shodné kanály tvarují v poměrně širokém amplitudovém i kmitočtovém rozsahu vstupní sinusový signál na signál obdélníkovitého průběhu o stejné amplitudě. Jsou-li oba vstupní signály ve fázi, jsou průběhy signálů na kolektorech (kolektorových odporech) tranzistorů T_3 a T_6 zcela shodné co do amplitudy i fáze a mezi oběma kolektory není v žádném časovém úseku rozdíl napětí. Proto střídavý voltmetr (D_{13} až D_{16} a měřidlo) neindikuje žádné napětí, jeho ručka je na nule. Zcela obdobně bude rozdíl napětí na kolektorech největší, a to v každém časovém úseku, budou-li vstupní signály fázově vzájemně posunuty o 180° (ručka bude mít maximální výchylku). Ručka voltmetru ukazuje vždy střední hodnotu rozdílu napětí na kolektorech T_3 a T_6; protože jak napětí na T_3, tak na T_6 má obdélníkovitý průběh a obě mají i stejnou amplitudu, může napěťový rozdíl vznikat pouze posuvem fáze mezi oběma průběhy. Proto lze stupnici voltmetru ocejchovat přímo ve stupních fázového posuvu.

V zapojení na obr. 86 pracují diody D_1 až D_{12} a tranzistory T_1, T_2 a T_4, T_5 jako tvarovače, které tvarují vstupní sinusový signál v rozsahu amplitud od 100 mV asi do 15 V (při větším signálu by se mohly poškodit diody) a v kmitočtovém rozsahu 20 Hz až asi 40 kHz na signál obdélníkovitého průběhu. Tranzistory T_3 a T_6 zesilují tento signál z úrovně asi 0,5 V (mezivrcholové napětí, špička-špička) asi desetkrát. To je nutné proto, aby se co nejvíce omezila nelinearita stupnice měřicího přístroje vlivem charakteristiky usměrňovacích diod v měřicím můstku. K měřicímu můstku (vlastnímu vyhodnocacímu obvodu) patří kromě diod měřidlo a odpory R_{29} a R_{30}.



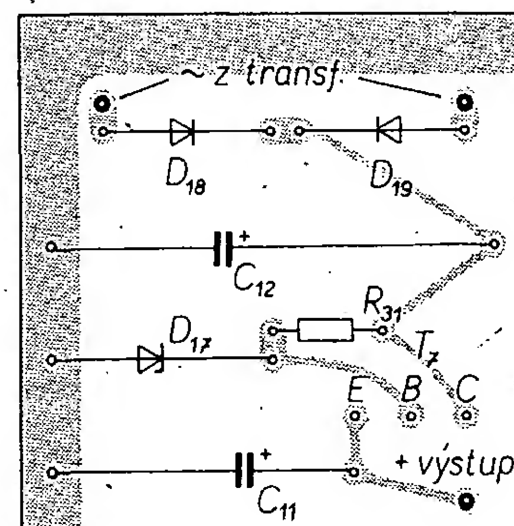
Obr. 87. Deska s plošnými spoji měřiče fáze (K232)

Celý přístroj je napájen ze zdroje stabilizovaného, dobře vyhlazeného napětí, aby byla dodržena stálost cejchování. S použitým měřicím přístrojem, s ohledem na jeho přesnost, a se součástkami podle seznamu součástek je přesnost přístroje asi 5 %, což je pro praktická měření vyhovující údaj.

Všechny součástky (kromě součástek zdroje) jsou na jedné desce s plošnými spoji podle obr. 87. Součástky není třeba zvlášť pečlivě vybírat.

Stabilizovaný zdroj dává napětí asi 12 V (podle Zenerova napětí diody D_{17}) a je (kromě transformátoru) také na jedné desce s plošnými spoji (obr. 88). Síťový transformátor dává na sekundární straně 2× 12 V a měl by být schopen dodávat trvale proud asi 50 mA. Ve vzorku byl použit typizovaný transformátorek typu 9 WN 661 23 (používá se v malých monofonních gramofonech se zesilovačem), lze však použít libovolný transformátor uvedených vlastností (2× 12 V/50 mA).

Při stavbě měřiče fáze osadíme nejprve obě desky součástkami, uvedeme do chodu



Obr. 88. Deska s plošnými spoji zdroje k měřiči fáze (K233)

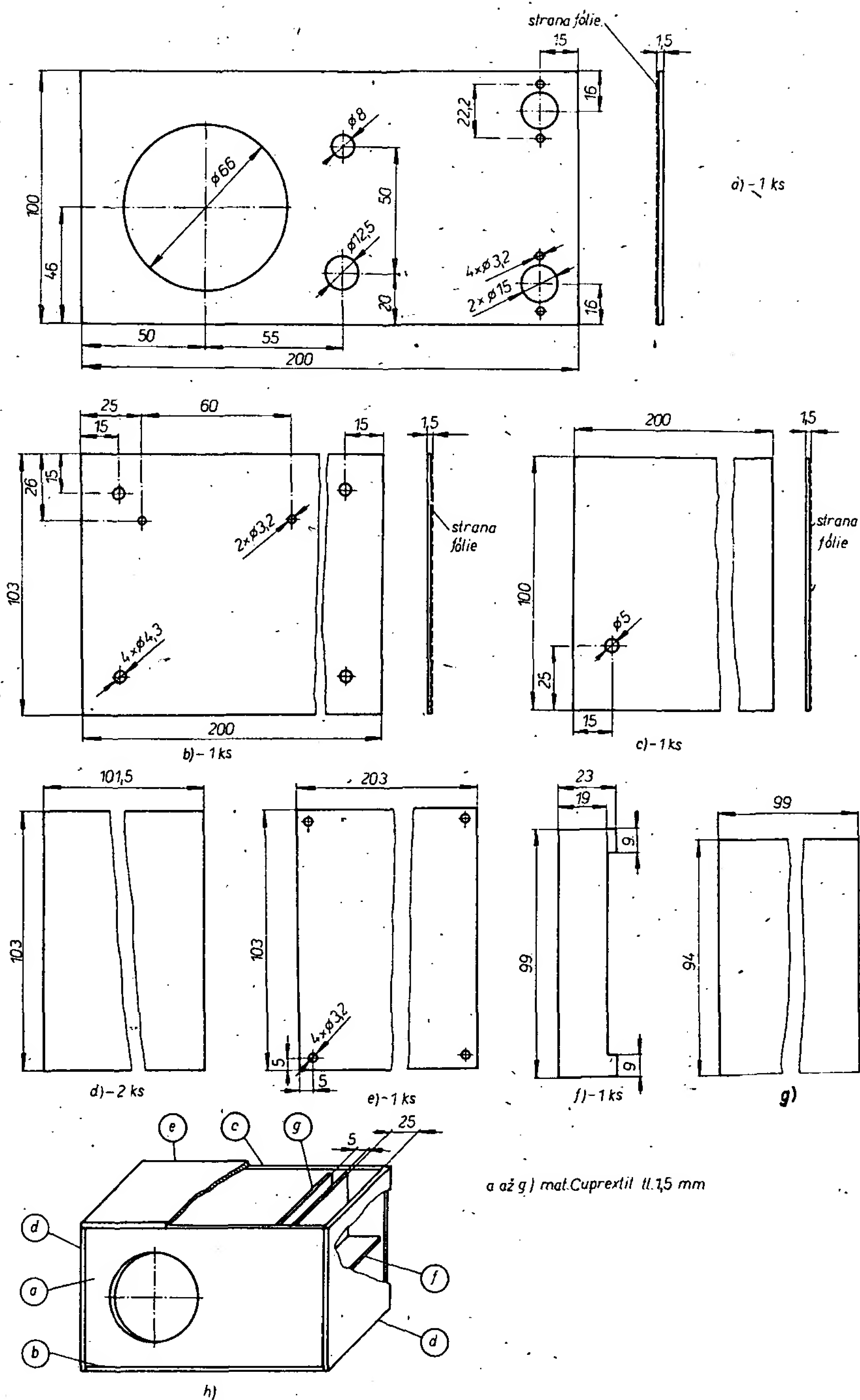
desku zdroje a připojíme ji k desce měřiče fáze. Při uvádění do chodu postupujeme takto: Tónový generátor nastavíme na kmitočet 1000 Hz. Jeho výstup připojíme přes kondenzátor asi 2μF na diody D_5 a D_6. Měřidlo zatím nepřipojujeme. Ke kolektoru T_3 připojíme osciloskop a trimrem R_{11} nastavíme na stínítku osciloskopu sinusovku. Při zvětšování amplitudy výstupního napětí generátoru musí dojít k souměrnému omezení vrcholů sinusovky (opět nastavíme trimrem R_{11}). Výstup generátoru pak přepojíme na diody D_3 a D_4 a jeho výstupní napětí zmenšíme tak, až získáme opět z obdélníků sinusovky. Trimrem R_7 nastavíme jejich souměrné omezování. Zcela obdobně postupujeme při připojení generátoru na vstup A – při vstupním napětí asi 40 mV nastavujeme omezování trimrem R_3.

Celý postup opakujeme i při nastavování kanálu B jen s tím rozdílem, že při vstupním napětí asi 2 V na diodách D_{11} a D_{12} nastavíme (po nastavení pracovního bodu) stejnou amplitudu výstupního napětí na kolektoru T_6, jako je na kolektoru T_3 (trimrem R_{27}).

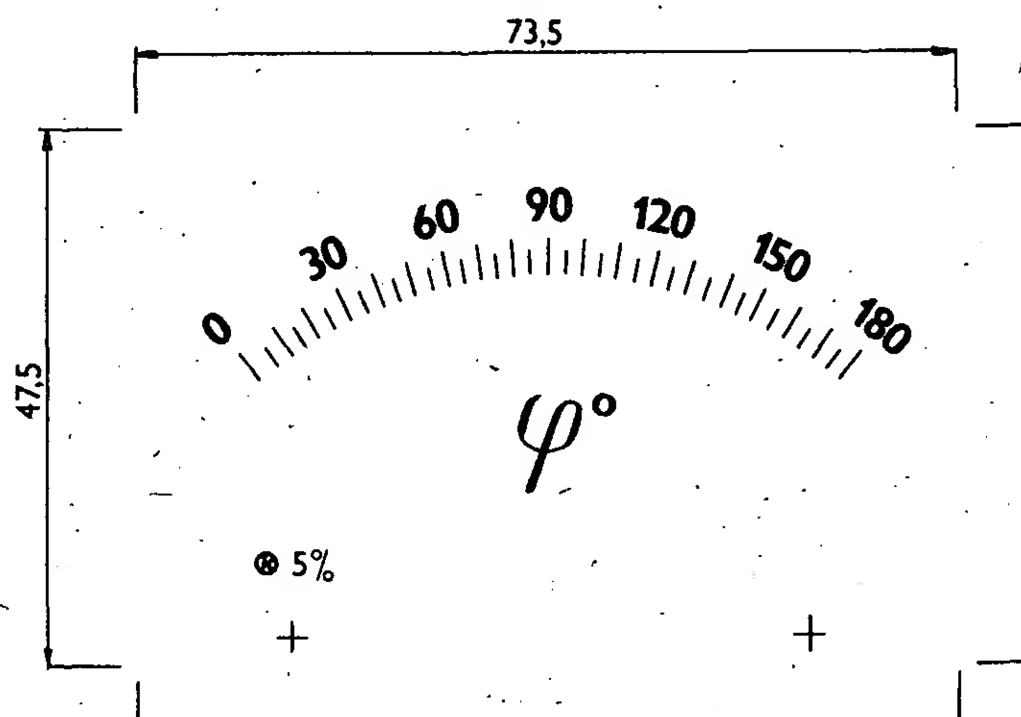
Mezi kolektory T_3 a T_6 nyní připojíme měřidlo. Pomocí stejnosměrného voltmetru nastavíme rozdíl napětí na kolektorech T_3 a T_6 na nulu (trimry R_{11} a R_{25}). Na vstupy pak připojíme signál asi 0,5 V, 1000 Hz a znovu kontrolujeme výchylku ručky měřidla, která musí být nulová. Na vstupy pak připojíme opět stejný signál, pouze s fázovým posuvem 180°. (Lze jednoduše realizovat zesilovačem s rozdělenou zátěží, postaveným na „prkýnku".) Trimrem R_{29} nastavíme ručku měřidla na maximální výchylku. Dále kontrolujeme výchylku ručky při fázovém posuvu 90° (měla by být přibližně v polovině stupnice) tak, že stejný signál, 0,5 V, 1000 Hz, přivedeme pouze na jeden vstup a potom na druhý. Rozdíly ve výchylkách ručky upravíme (srovnáme) trimrem R_{27}. Tím je základní ocejchování skončeno.

Přístroj je postaven do jednoduché krabičky z Cuprextitu. Jednotlivé části krabičky jsou na obr. 89. Díly ustřihneme nůžkami na plech (nebo uřízneme lupenkovou pilkou) a na přesné rozměry upravíme opilováním hrubším pilníkem. Díry vyvrtáme a vyřízneme lupenkovou pilkou. Do přední stěny zanýtujeme dvě pětikolíkové konektorové zásuvky a celou krabičku zevnitř spájíme. Po spájení zapilujeme všechny hrany tak, aby spolu lícovaly. Sestava krabičky je na obr. 89h. Současně s horní částí krabičky připájíme do všech čtyř rohů matice M3. Pomocí těchto matic a šroubků připevníme víko přístroje. Víko přišroubujeme, zakryjeme díry v přední straně krabičky kolečky papíru nebo Isolepou a krabičku nastříkáme. Vhodný je např. jakýkoli autoemail (spray), nebo barva na kůži. Ze samolepicí šedé tapety nebo z kartáčovaného hliníku zhotovíme přední masku, kterou popíšeme Propisotem (stejně jako u zesilovače, kap. 4.7). Masku k přední straně (je-li např. z hliníku) přilepíme např. Alkaprenem.

Pak připájíme přívody ke konektorům od desky s plošnými spoji, na níž jsme předem připájeli stínicí přepážku (obr. 89f). Desku s plošnými spoji připájíme do krabičky za zemnicí spoj a rohové můstky tak, že součástky budou otočeny směrem k pravé boční stěně (deska je svisle). Deska s plošnými spoji je vzdálena od pravé bočnice asi 20 mm (stínicí přepážka se o bočnici opírá). Do rohu nad síťový transformátor připájíme za zemnicí spoj desku stabilizovaného zdroje tak, že součástky budou směrem dolů. Propojíme výstupy a vstupy pro napájecí napětí na deskách s plošnými spoji, připojíme měřidlo a do krabičky zapájíme větší přepážku, která



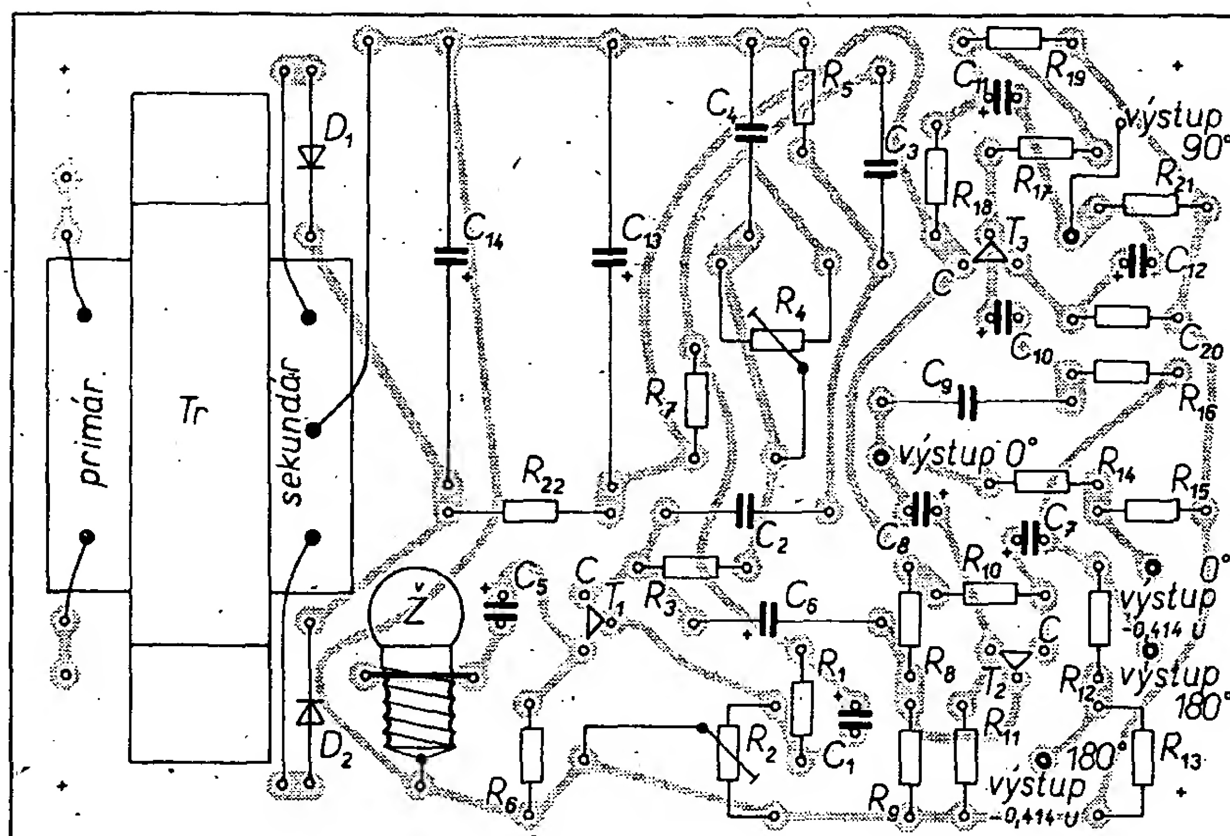
Obr. 89. Čelní stěna (a), dno (b), zadní stěna (c), bočnice (d), horní víko (e), stínicí přepážka (f), mezistěna (g) a celková sestava skříňky měřiče fáze (h)



Obr. 90. Stupnice měřiče fáze

bude oddělovat zdroj od měřicí části. Měřicí přístroj předem opatříme stupnicí (předloha pro ni je na obr. 90). Stupnici zhotovíme nejlépe fotocestou na tenký kontrastní papír (Dokument) a přilepíme ji na původní plechovou stupnici. Pak měřidlo přišroubujeme do skříňky. Dále přišroubujeme síťový páčkový spínač a upevníme sklíčko a objímku kontrolní žárovky. Do dna přišroubujeme čtyři vhodné nožky a síťový transformátor. Síťová šňůra je vyvedena zadní stěnou přístroje. Nakonec zašroubujeme (po propojení celého přístroje a po přezkoušení) horní víčko. Na definitivně sestaveném přístroji (obr. 91) je vhodné ještě jednou zkontrolovat přesnost ocejchování. Pak je přístroj hotov a připraven k měření.

Obr. 91. Dohotovený měřič fáze je na 4. str. obálky



Obr. 93. Deska s plošnými spoji K234 generátoru SQ+QS

Seznam součástek

Odpory a trimry (TR 112a a TP 040)

R_1, R_{15}	47 kΩ
R_2, R_6, R_{10}, R_{16}, R_{20}, R_{24}	0,15 MΩ
R_4, R_8, R_{12}, R_{18}, R_{22}, R_{26}	1,8 kΩ/A
R_5, R_9, R_{13}, R_{19}, R_{23}	120 Ω/A
R_{14}, R_{28}	100 Ω
R_3, R_7, R_{11}, R_{17}, R_{21}, R_{25}	trimr 0,15 MΩ
R_{27}	trimr 220 Ω
R_{29}	trimr 68 kΩ
R_{30}	33 kΩ
R_{31}	6,8 kΩ

Kondenzátory

C_1, C_3, C_5, C_6, C_8, C_{10}	TE 004, 20 μF
C_2, C_4, C_7, C_9	TE 004, 50 μF
C_{11}, C_{13}, C_{14}	TE 984, 100 μF
C_{12}	TE 986, 200 μF

Tranzistory

T_1 až T_6	KC148 (nebo ekviv.)
T_7	GC520 (GC521)

Diody

D_1 až D_{16}	KA206
D_{17}	KZ714
D_{18}, D_{19}	KY130/80

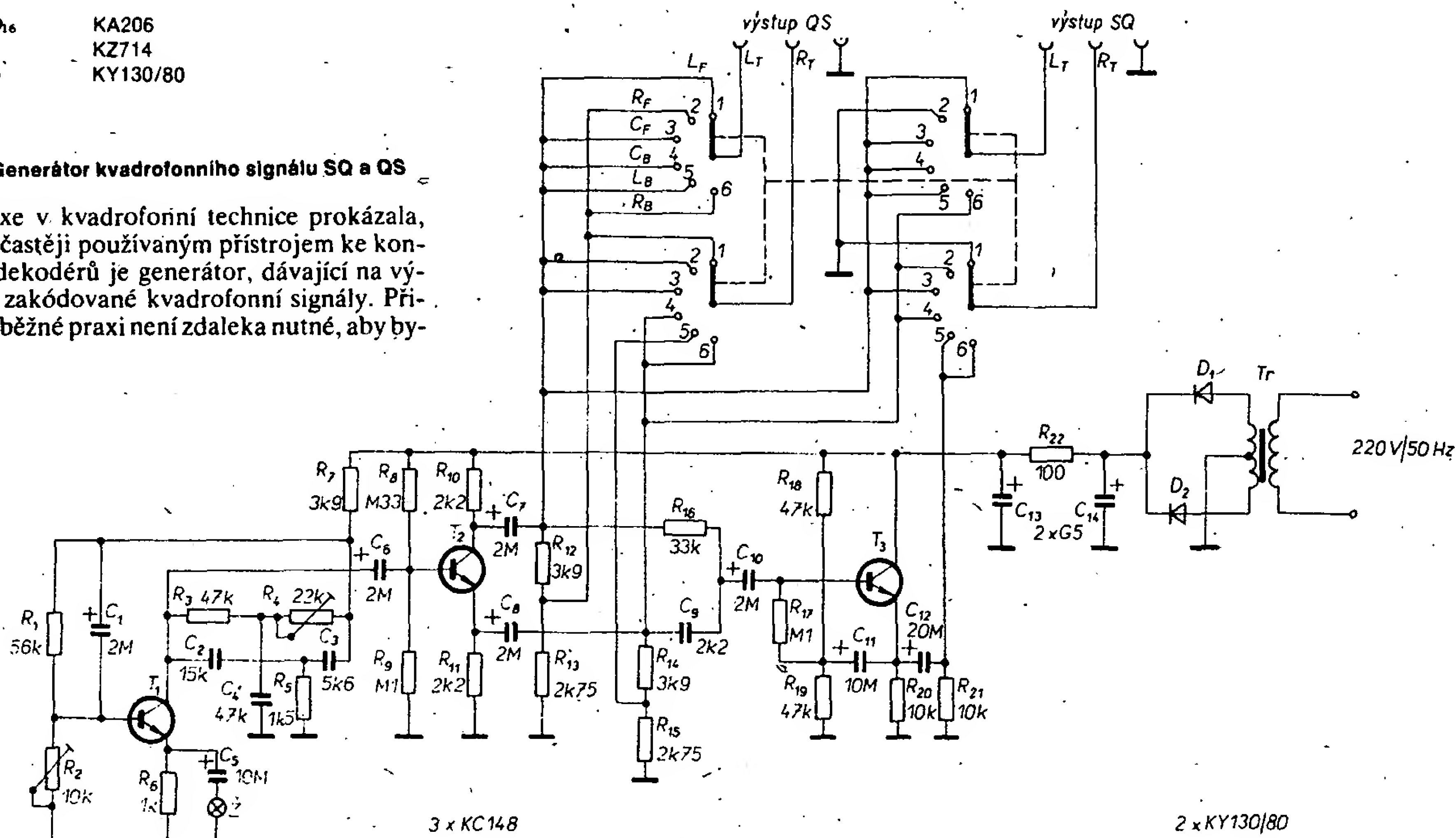
5.2. Generátor kvadrofonního signálu SQ a QS

Praxe v kvadrofonní technice prokázala, že nejčastěji používaným přístrojem ke kontrole dekodérů je generátor, dávající na výstupu zakódované kvadrofonní signály. Přitom v běžné praxi není zdaleka nutné, aby bylo možno kódovat libovolnou polohu zdroje zvuku v celém rozsahu akustických kmitočtů. K uvedenému účelu bychom museli mít kompletní kodér, což je přístroj poměrně složitý a pro většinu měření není nutný. V praxi stačí, aby byly k dispozici některé vybrané signály (jednoho kmitočtu), tj. alespoň rohové signály L_F, R_F, L_B a R_B a k tomu signály středů přední a zadní báze (C_F a C_B). Tento požadavek konstrukci generátoru velmi zjednodušuje. Jak je vidět z obr. 92, vystačíme v tomto případě se třemi tranzistory (a to je již vlastní generátor signálu 2 kHz součástí přístroje).

Nebudeme si podrobně odvozovat, jak se vytvářejí jednotlivé zakódované signály, to plyne přímo z kódovacích rovnic systémů SQ a QS (kapitoly 2.3 a 2.4). Kromě toho to lze vyčíst přímo ze schématu na obr. 92. Proto se omezíme jen na popis činnosti přístroje s vysvětlením některých zvláštností ve tvorbě zjednodušeného kódu.

Tranzistor T_1 pracuje jako generátor sinusových kmitů na kmitočtu asi 2 kHz (s dvojitým článkem T). Výstup z generátoru je veden na zesilovač s rozdělenou zátěží, tvořený tranzistorem T_2. Na kondenzátorech C_7 a C_8 dostaneme signál stejné amplitudy a stejného kmitočtu, avšak s fázovým posuvem 180°. Odpory R_{12}, R_{13} a R_{14}, R_{15} tvoří děliče 1 : 0,414 a třeba je vybrat s co nejmenší tolerancí. Fázovací článek R_{16}, C_9 vytváří fázový posuv 90° na jednom kmitočtu v okolí 2 kHz. Na tento kmitočet je tedy třeba generátor naladit. Tranzistor T_3 pracuje jako emitorový sledovač s velkým vstupním odporem, což je nutné k správné činnosti článku R_{16}, C_9.

A nyní k tvorbě kódu. Musíme si uvědomit, že je-li v kódu SQ zakódován signál, např. R_B jako $R_T = +j0,707R_B$ a $L_T = +0,707R_B$, je důležité, aby fázový posuv byl 90° (v příslušném směru), a aby amplituda signálu (obou zakódovaných ka-



Obr. 92. Schéma kvadrofonního generátoru (SQ a QS)

nálů) byla stejná. Místo součinitele 0,707 je v tomto zjednodušeném generátoru použit součinitel jedna, proto bylo možno vypustit komplikované odporové děliče. Dekodér totiž stejně „nepozná", jaká byla amplituda původního signálu (zjednodušeně řečeno), správně však identifikuje směr do R_B. Zcela obdobně v systému QS vytvoříme-li signál R_B, bude $R_T = -jR_B$ a $L_T = +j0{,}414R_B$! Fázový posuv mezi signály je 180°, nemusíme uvažovat fázový posuv vůči předním kanálům (+90 a −90°), pro změnu jsou však důležité amplitudové vztahy. Na těchto principech jsou založeny kódovací vztahy tohoto generátoru.

Celý přístroj včetně zdroje a transformátoru je na jedné desce s plošnými spoji (obr. 93). Spoje k přepínači jsou drátové. Mechanická konstrukce byla navržena tak, aby se celý přístroj vešel do bakelitové krabičky B6. Vestavění je jednoduché, proto neuvádím výkres; konečně je zřejmé z fotografie na obr. 94. V jedné z kratších stěn krabičky

Obr. 94. Hotový generátor SQ+QS je na 4. str. obálky

vypilujeme dvě díry pro pětipólové konektorové zásuvky, v protější vyvrtáme díru pro přívod síťové šňůry. Přístroj je řešen bez síťového spínače. Lze ho napájet i z baterií, potom je však vhodné stabilizovat napájecí napětí oscilátoru Zenerovou diodou. Desku s plošnými spoji přišroubujeme ke spodnímu víčku krabičky přes distanční nýtky výšky asi 3 mm. Přibližně uprostřed horní strany krabičky vyvrtáme díru pro přepínač a dvě menší díry, které pomohou aretovat jeho polohu vzhledem ke krabičce. Hřídel přepínače (má průměr 4 mm) zkrátíme podle použitého knoflíku a nasadíme knoflík (např. WF 243 12 TESLA Jihlava). Krabičku opatříme štítky s popisem. Síťový transformátor může být ještě menší, než u měřiče fáze. Jeho sekundární napětí by mělo být asi 2 × 20 V, odběr proudu je asi 8 mA.

K nastavení potřebujeme osciloskop a nízkofrekvenční milivoltmetr. Přístroj po kontrole zapojení zapneme do sítě, osciloskop připojíme k výstupu SQ, např. k pravému kanálu a nastavíme funkci R_F. Otáčíme trimrem R_2, až nasadí oscilace generátoru a výstupní napětí nastavíme asi na 0,5 V. Osciloskopickou metodou nebo měřičem fáze změříme posuv fáze mezi L_T a R_T při funkci L_B nebo R_B. Správný posuv nastavíme změnou kmitočtu generátoru trimrem R_4 (přesně na 90°). Fázový posuv 90° lze nastavit i osciloskopem velmi přesně. Potom znovu nastavíme amplitudu 0,5 V trimrem R_2. Tím je celý přístroj nastaven a můžeme si podle kódovacích rovnic zkontrolovat ve všech polohách přepínače výstupní zakódované signály SQ i QS.

Seznam součástek

Odpory a trimry (TR 112a a TP 041, není-li uvedeno jinak)

R_1	56 kΩ/A
R_2	trimr 10 kΩ
R_3	47 kΩ
R_4	trimr 22 kΩ
R_5	1,5 kΩ
R_6	1 kΩ
R_7	3,9 kΩ/A
R_8	0,33 MΩ
R_9	0,1 MΩ
R_{10}, R_{11}	2,2 kΩ/B
R_{12}, R_{14}	3,9 kΩ/B
R_{13}, R_{15}	2,75 kΩ/B (vybrat z 2,7 kΩ)
R_{16}	33 kΩ
R_{17}	0,1 MΩ
R_{18}, R_{19}	47 kΩ
R_{20}, R_{21}	10 kΩ
R_{22}	TR 152, 100 Ω

Kondenzátory

C_1	TE 005, 2 µF
C_2	TC 235, 15 nF
C_3	TC 281, 5,6 nF/A
C_4	TC 235, 47 nF
C_5	TE 003, 10 µF
C_6	TE 986, 2 µF
C_7, C_8	TE 005, 2 µF
C_9	TC 281, 2,2 nF
C_{10}	TE 005, 2 µF
C_{11}	TE 003, 10 µF
C_{12}	TE 005, 20 µF
C_{13}, C_{14}	TE 986, 500 µF

Tranzistory a diody

T_1, T_2, T_3	KC148 (nebo ekviv.)
D_1, D_2	KY130/80

Přepínač

WK 533 38	(TESLA Jihlava)

5.3. Kvadrofonní kodér SQ

Kvadrofonní kodér je poměrně složité zařízení, které si zřejmě nepostaví každý. Přesto však nachází velmi časté uplatnění, jednak při měření dekodérů (obdobně jako kvadrofonní generátor, ovšem s mnohem širšími možnostmi) a jednak při kódování skutečného hudebního signálu. Nechci tím tvrdit, že by každý nadšenec pro kvadrofonii měl mít doma hudební studio, jistě však najde kodér uplatnění v Hi-Fi klubech Svazarmu, ať již při „živých" nahrávkách, nebo při přepisu diskrétních kvadrofonních záznamů na stereofonní magnetofon. Takto zakódovaný signál lze pak zpracovávat zcela obvykle jakýmkoli dekodérem SQ.

Schéma kodéru je na obr. 95. Jak je vidět ze schématu, jsou v kodéru použity tytéž fázovací články jako v dekodéru z kapitoly 3.2. Stejný je tedy fázový průběh signálu a tolerance fáze. Jako směšovače, invertory i výstupní zesilovače byly použity operační zesilovače MAA503 v pouzdru DIL (dual-in-line). Lze pochopitelně použít i typy MAA501, MAA502 a MAA504, ty však mají jiné pouzdro a jinak rozmístěné vývody. Číslování vývodů na schématu odpovídá číslování vývodů obvodu MAA503.

Celý kodér je umístěn na jedné desce s plošnými spoji (obr. 96). Zdroj a oddělovací stupeň jsou na druhé desce s plošnými spoji (obr. 97). Síťový transformátor je stejný, jako u měřiče fáze (tj. se sekundárním napětím 2 × 12 V/50 mA). Celý přístroj je umístěn na plechovém šasi (obr. 98) a zakryt dřevěným víkem z překližky tl. 5 až 6 mm, podýhované, nebo polepené samolepicí tapetou. Víko je k šasi připevněno zboku čtyřmi šroubky M3. Přední panel je opět zakryt ozdobným štítkem. Obě desky s plošnými spoji jsou ke dnu šasi připevněny šroubky (přes distanční nýtky). Upevňovací díry nejsou na obr. 98 zakresleny, desky si vhodně umístí jistě každý sám.

K nastavení kodéru opět potřebujeme generátor tónových kmitočtů, milivoltmetr a osciloskop. Kodér nastavujeme na kmitočtu 1000 Hz při vstupním napětí 0,775 V. Generátor připojíme do L_F a trimrem R_{101} nastavíme výstupní napětí L_T na 0,775 V. Trimrem R_{121} nastavíme výchylku ručky M_1 na 0 dB. Měřicí přístroj by měl mít stupnici s rozsahem −20 až +3 dB. Generátor přepojíme do L_B a trimrem R_{401} nastavíme v L_T výstupní napětí 0,55 V (−3 dB vzhledem k 0,775 V). Dále trimrem R_{304} nastavíme výstupní napětí 0,55 V i v kanálu R_T. Celý postup analogicky opakujeme i v pravých kanálech.

Tím je kodér nastaven, dále můžeme zkontrolovat zkreslení. K omezení výstupního napětí by mělo dojít při vstupním napětí asi 2,5 až 3 V. Po kontrole kmitočtové charakteristiky a fázového posuvu již popsanými metodami je kodér připraven k použití.

Celkový vzhled kodéru je na obr. 99.

Obr. 99. Kodér SQ k měřicím a nahrávacím účelům po dohotovení je na 4. str. obálky

Seznam součástek

Tranzistory

T_{101}, T_{201}, T_{301}, T_{401}	KC148 (nebo ekviv.)
T_2	GC510
T_1	GC520

Diody

D_1 až D_4	KY130/80
D_5, D_6	KZ724
D_{101} až D_{103}, D_{301} až D_{303}	GA201 apod.

Integrované obvody

všechny typu MAA503 (nebo ekviv.)

Měřicí přístroje

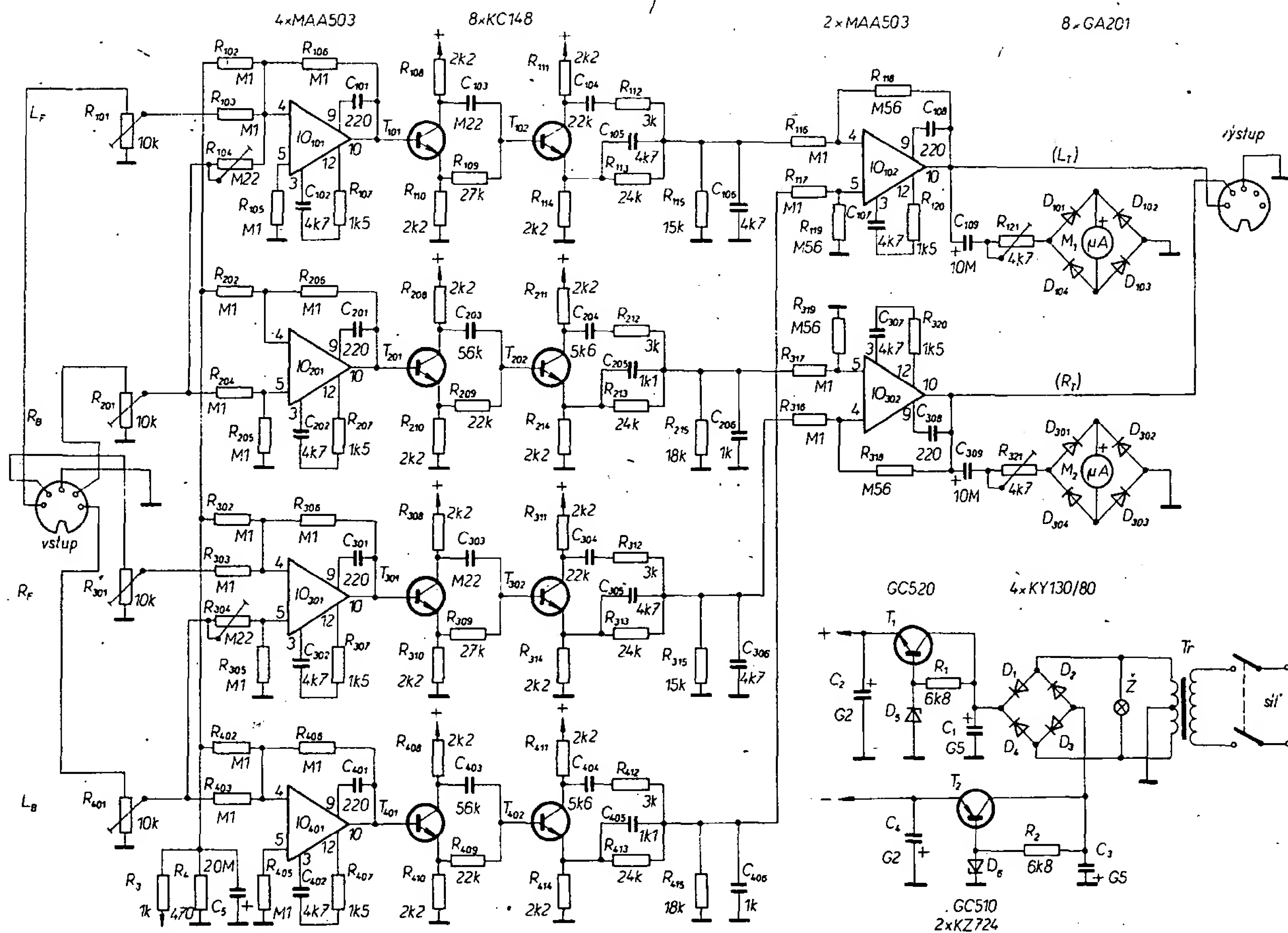
M_1, M_2	MP40, 100 µA

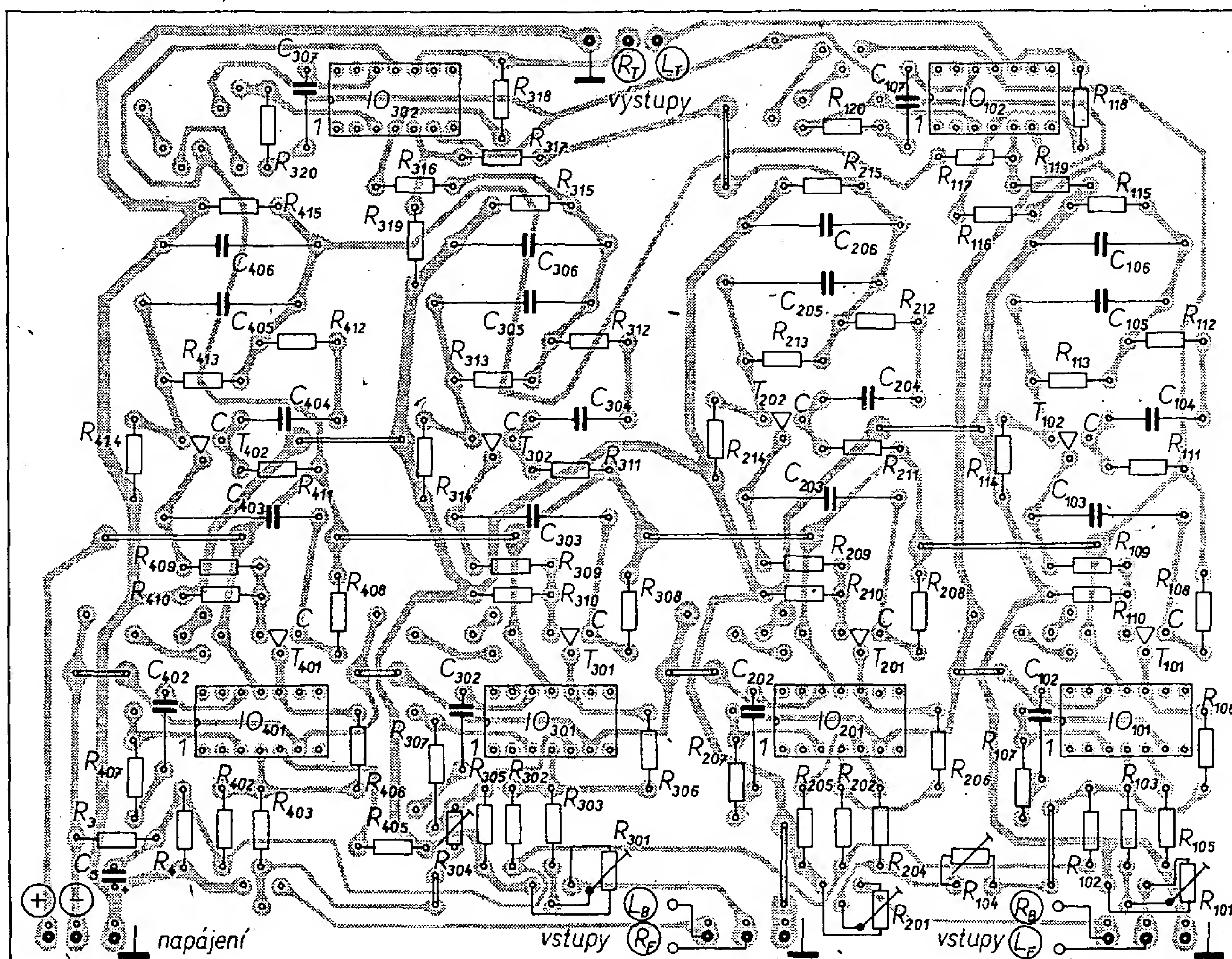
Odpory (TR 112a) *a trimry*

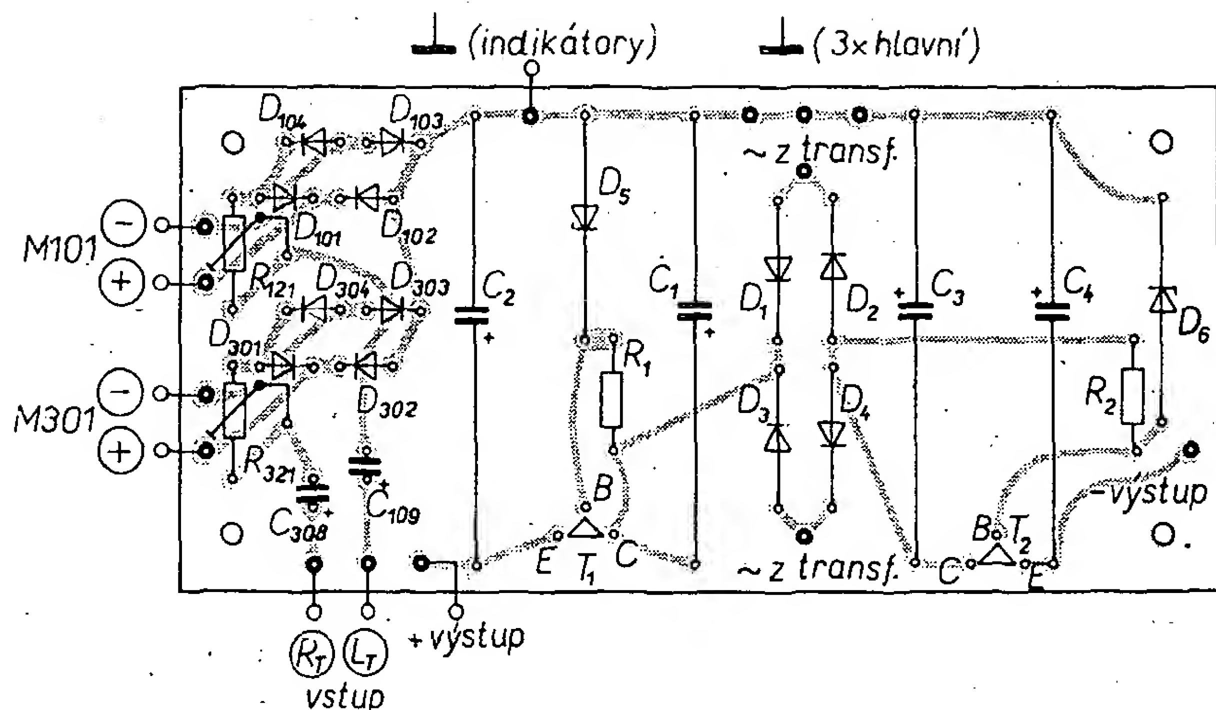
R_{101} až R_{401}	trimr TP 008, 10 kΩ
R_{102}, R_{103}, R_{105}, R_{106} (totéž pro indexy 200, 300, 400)	0,1 MΩ/B
R_{104}, R_{304}	trimr WN 790 10, 0,22 MΩ
R_{107} až R_{407}	1,5 kΩ
R_{108}, R_{110}, R_{111}, R_{114} (totéž pro indexy 200, 300, 400)	2,2 kΩ/B
R_{109}, R_{309}	27 kΩ/B
R_{209}, R_{409}	22 kΩ/B
R_{112} až R_{412}	3 kΩ/B
R_{113} až R_{413}	24 kΩ/B
R_{115}, R_{315}	15 kΩ/B
R_{215}, R_{415}	18 kΩ/B
R_{116}, R_{117}, R_{316}, R_{317}	0,1 MΩ/B
R_{118}, R_{119}, R_{318}, R_{319}	0,56 MΩ/B
R_{120}, R_{320}	1,5 kΩ
R_{121}, R_{321}	trimr TP 040, 4,7 kΩ
R_1, R_2	6,8 kΩ
R_3	1 kΩ
R_4	470 Ω

Kondenzátory

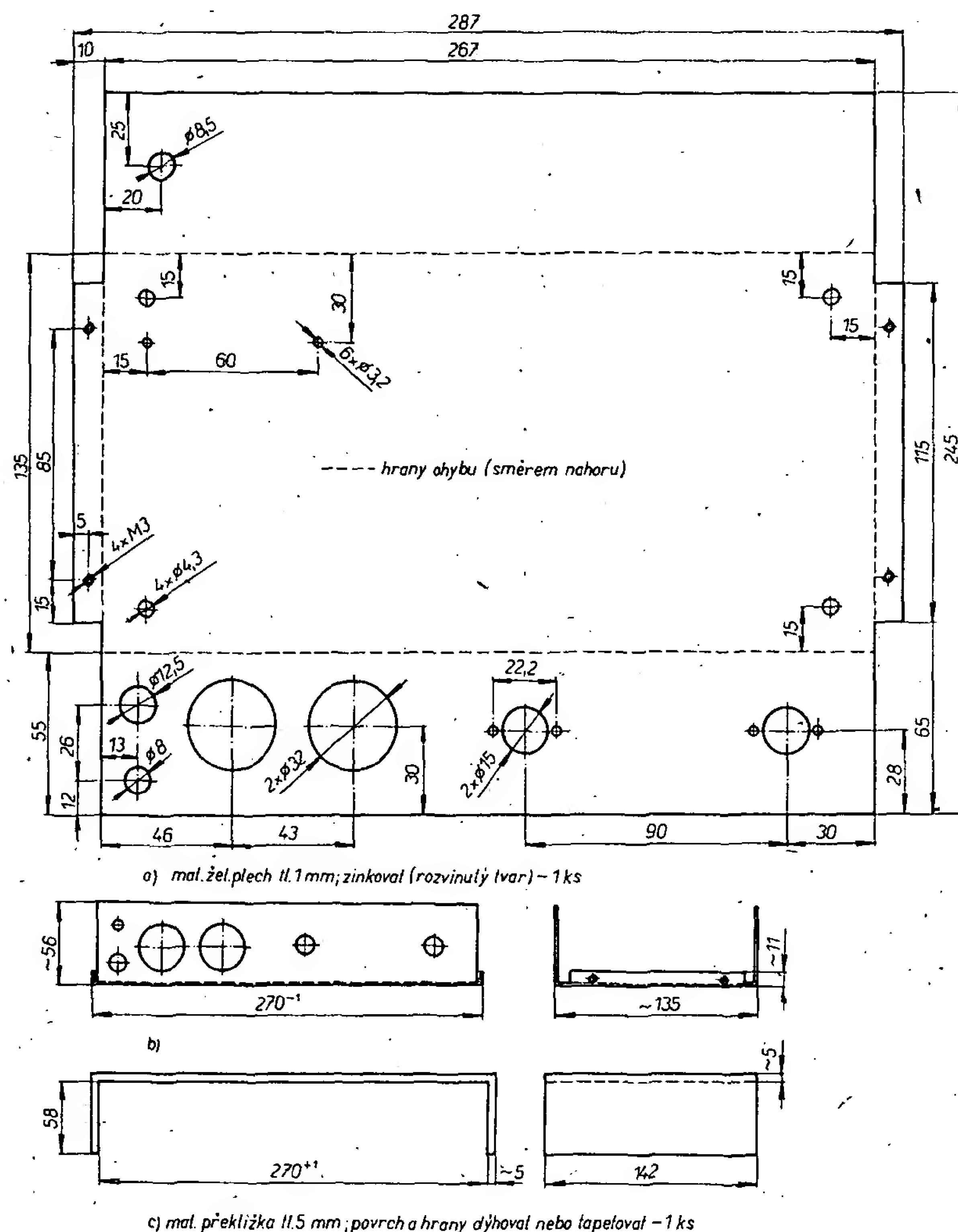
C_{101} až C_{401}	TC 281, 220 pF
C_{102} až C_{402}	TC 281, 4,7 nF
C_{103}, C_{303}	TC 180, 0,22 µF/B
C_{203}, C_{403}	TC 235, 56 nF/B
C_{104}, C_{304}	TC 235, 22 nF/B
C_{204}, C_{404}	TC 281, 5,6 nf/B
C_{105}, C_{106}, C_{305}, C_{306}	TC 281, 4,7 nF/B
C_{205}, C_{405}	TC 281, 1,1 nF/B
C_{206}, C_{406}	TC 281, 1 nF/B
C_{107}, C_{307}	TC 281, 4,7 nF
C_{108}, C_{308}	TC 281, 220 pF
C_{109}, C_{309}	TE 004, 10 µF
C_1, C_3	TE 986, 500 µF
C_2, C_4	TE 984, 200 µF
C_5	TE 004, 20 µF


Obr. 95. Schéma kodéru SQ


Obr. 96. Deska s plošnými spoji kodéru (K235). Kondenzátory C_{101}, C_{201}, C_{301}, C_{401}, C_{108} a C_{308} jsou připájeny ze strany spojů na vývody 9 a 10 integrovaných obvodů



Obr. 97. Deska s plošnými spoji zdroje a indikátorů K236 kodéru SQ



Obr. 98. Panel kodéru v rozvinutém tvaru (a), panel kodéru po ohnutí (b) a kryt kodéru (c)

6. Poslech kvadrofonie

Závěrem bychom si měli něco povědět o poslechu kvadrofonních nahrávek. Je to totiž pro výsledný efekt právě tak důležité, jako znalost kvadrofonní teorie pro stavbu kvadrofonních přístrojů.

Nejprve k reproduktorovým soustavám. Protože k poslechu kvadrofonie potřebujeme čtyři reproduktorové soustavy, budeme volit patrně soustavy menších rozměrů (obsah 20 až 30 litrů). Jakostní reprodukce lze dosáhnout i tak malými soustavami, soustavy však mají menší účinnost a vyžadují zesilovač s větším výstupním výkonem, rozhodně ne méně, než 10 W na kanál. Přední soustavy umístíme jako při stereofonním poslechu, zadní dvě umístíme tak, aby soustavy tvořily rohy čtverce. To však většinou není možné, proto bývají obvykle zadní soustavy blíže k posluchači, což vyžaduje přiměřeně zmenšit jejich hlasitost reprodukce. Obvykle se v takových případech zmenšuje i jejich vzdálenost. V případě nutnosti je možno umístit zadní soustavy na boční stěny (vzhledem k posluchači, proti předchozímu umístění budou nyní otočeny o 90°). Pokud jde o výškové umístění soustav, nejlepší bude asi ve výši hlavy sedícího posluchače. To vše jsou však pouze všeobecná doporučení, nejlepší umístění soustav si musí každý ve svých podmínkách vyřešit sám.

Již v úvodu bylo řečeno, že kvadrofonie má sloužit k různým účelům, že však nejrůznější efekty, které lze její pomocí vytvářet, nejsou dominantní kvadrofonní technikou. Nečekejte od kvadrofonního poslechu zázraky, mohli byste být zklamáni právě tak, jak jistě byli zkamáni mnozí při prvních zkušenostech se stereofonním poslechem. Právě ze stereofonní techniky reprodukce vyplývá, že posluchač se musí nejprve učit kvadrofonní záznamy poslouchat. Znamená to zprvu nepřehánět hlasitost zadních kanálů (hlasitost volit pouze tak, abychom slyšeli, že „tam něco je"). Naopak je celá řada kvadrofonních nahrávek, u nichž zvuky zezadu vůbec samostatně nevnímáme, přesto je však prostorový dojem velmi dobrý. Tomuto učení se poslouchat by měla také napomoci úvodní kvadrofonní deska SQ Supraphon, která vyjde s největší pravděpodobností ještě v letošním roce. S pomocí této desky budete moci nejen se naučit mnohé o kvadrofonním poslechu, ale také nastavit si a odzkoušet své zařízení.

Jakostní reprodukce je přáním mnoha techniků i netechniků, amatérů i profesionálů, hudebníků i laiků. Právě ve schopnostech amatérů je toto přání realizovat. Při amatérské stavbě by mělo být zásadou, že zařízení, které stavíme, nesmí být tak dobré, jako běžný tovární výrobek, musí být, či mělo by být lepší. Že je to možné, o tom svědčí mnohé příkladné amatérské konstrukce, mimo jiné také mezi amatéry, zabývajícími se stavbou zařízení Hi-Fi. Bude-li jim tato publikace alespoň popudem, či inspirací a teoretickým úvodem pro další práci, pak svůj účel jistě splnila.

OPRAVA

V AR-B č. 1 letošního roku je v článku 68 („Zvonková hra s *IO*") nedostatek, který vznikl zřejmě ze snahy nahradit původní integrovaný obvod naším výrobkem. Autor používá k posouvání impulsů klopné obvody typu D z *IO* MH7475. Tyto obvody jsou však určeny především jako střádače dvojkové informace – tomu je podřízena i jejich konstrukce.

Zapojíme-li tedy MH7475 podle návodu, objeví se na všech výstupech Q při příchodu hodinového impulsu stejná úroveň, a to taková, jaká je na vstupu D prvního klopného obvodu v řetězci.

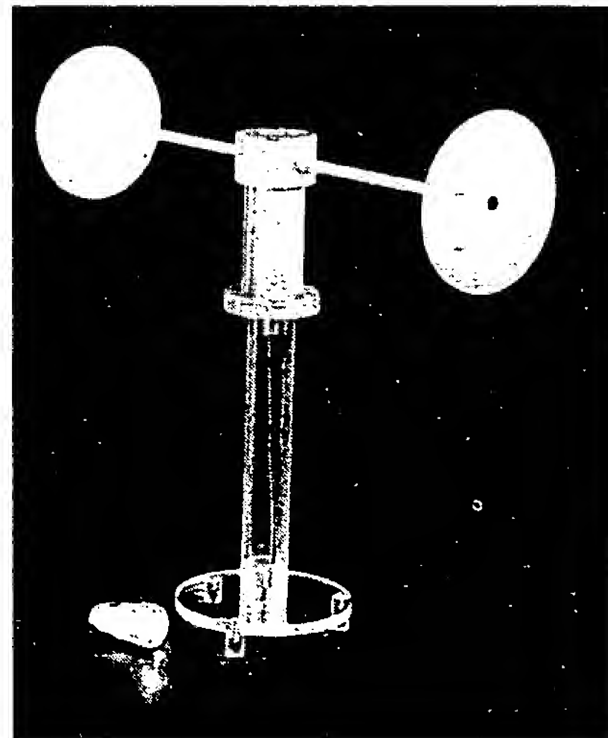
Pro správnou funkci zvonkové hry je nutné použít 12 klopných obvodů D s touto funkcí: s náběžnou hranou hodinového impulsu se informace přítomná na vstupu D zapíše do obvodu, po dobu jeho trvání je obvod blokován a se sestupnou hranou hodinového impulsu se informace přenese na výstup Q. Dva klopné obvody s touto informací obsahuje např. MH7474.

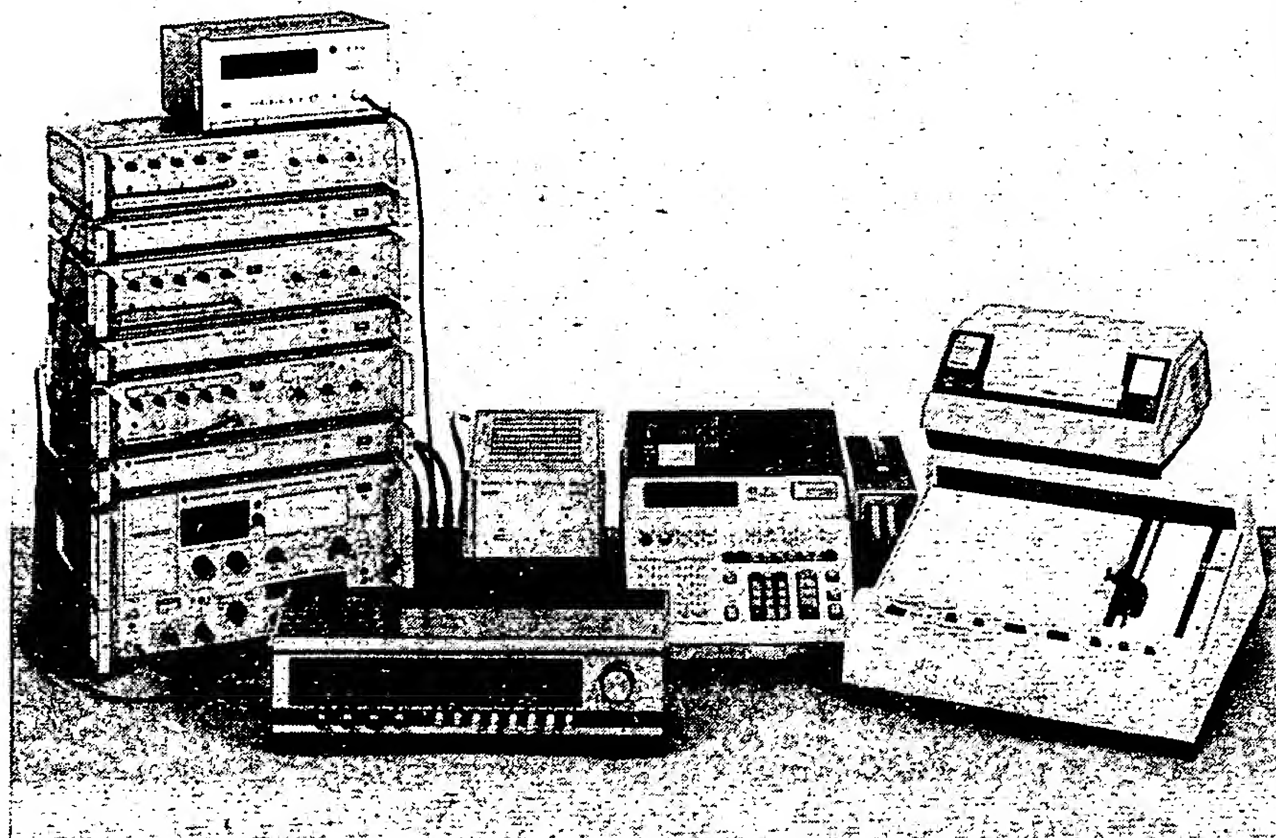
Děkujeme našemu čtenáři, J. Holečkovi z Nezvěstic, za toto upozornění.

Počítačem řízené měřicí pracoviště

Téměř ideálním měřicím pracovištěm pro nejrůznější nf měření je sestava přístrojů na obrázku. Jde o sériově vyráběné měřicí přístroje firmy Rohde a Schwarz, které lze v sestavě podle obrázku použít k plněautomatickému nebo poloautomatickému měření zkreslení, k měření kmitočtových průběhů, měření diferenčních tónů, intermodulace apod. Všechna uvedená měření vyžadují méně než jednu desetinu času, který byl potřebný při klasických měřicích metodách. Výsledky měření lze přitom zaznamenávat zapisovačem.

RST-Nachrichten —*mi*—





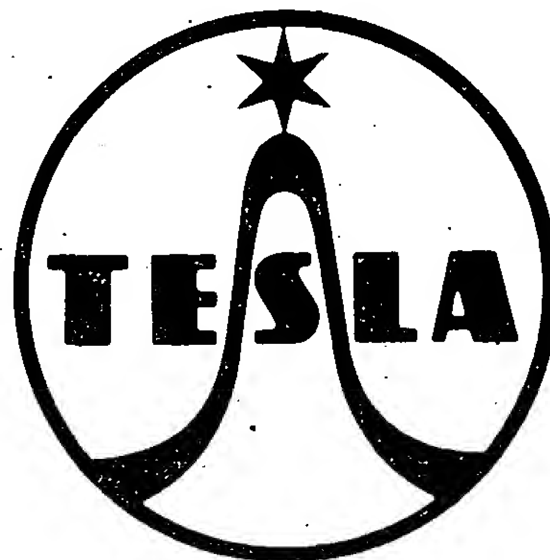
Aktivní přijímací dipól

Již často jsme se mohli dočíst (a nakonec i přesvědčit) o tom, že měření je základem všech úspěchů, jak při kontrole, tak i při návrhu obvodů a zařízení. Zajímavou novinkou v oblasti měření, která je u nás zatím dosti zanedbávána, je aktivní přijímací dipól, který byl zkonstruován firmou Rohde a Schwarz (viz obrázek).

Dipól vzhledem ke svému mimořádně velkému kmitočtovému rozsahu (20 až 200 MHz) a současně malým rozměrům nachází téměř neomezené možnosti použití ve vysílací technice i v technice kontrolních služeb. —*mi*—

RST – Nachrichten

SOUČÁSTKY a náhradní díly



k okamžitému odběru:

ELEKTRONKY

ECC82, ECC83, ECC84, ECC85, ECL84, ECL86, EL81, EL83, EL84, EL86, EL500, PABC80, PCC84, PCL200, PL81, PL82, PL84, PL508, PL509, 6A2P (6H31), 6CC42, 6K4P (6F31), 6L31, 6N15P (6CC31), 6Ž1P (6F32), 6Ž5P (6F36) ECF803, EF183, EF184, PC86, PC88, PCF801, EF800, 6Ž1PE, 6Ž1PV, E83CC, DCG4/1000, AZ1, DY51, EAA91, EY88, EZ80, EZ81, PY82, PY83, PY500, 1Y32P, 6Y50, STR85/10-C, STR150/30, 11TN40, EM84, EA52.
Ceny od 7,70 do 35 Kčs.

OBRAZOVKY

35MK22, 430QP44, AW43802. Ceny od 50 do 260 Kčs.

VÍCEÚČELOVÝ MATERIÁL

Odpory uhlíkové: TR 112a – ceny od 0,30 do 1,70 Kčs, TR 143 – 146m – – ceny od 0,40 do 2,90 Kčs, TR 106–108 – ceny od 1,10 do 8,50 Kčs.
Odpory MLT: TR 151–154 – ceny od 0,45 do 2,20 Kčs.
Odpory drátové: WK 669 44–45 – ceny od 5,50 do 9 Kčs.
Potenciometry vrstvové: TP 180a, TP 181a, TP 280n–287m – ceny od 5,50 do 13 Kčs.
Potenciometry knoflíkové: TP 400 – cena 7 Kčs.
Potenciometry keramické: TP 053 – cena 46 Kčs.
Elektrolytické kondenzátory: TE 980–993 – ceny od 2 do 4 Kčs, TC 934y–939a, TGL 5151 – ceny od 8,50 do 66 Kčs.
Kondenzátory odrušovací: TC 242 – cena 5,50 Kčs.
Kondenzátory krabicové: TC451–461 – ceny od 5,50 do 10 Kčs, TC 471–489 – ceny od 7 do 19 Kčs, TC 651–669 – ceny od 12 do 52 Kčs.

DIODY

GA202, GA203, GA204, GA206, GAZ51, 4-GAZ51, KA206, KY705, KY708, KY710, KY711, KY712, KY715, KY721, KY722, KY725, KYZ30, KYZ70, KYZ71, KYZ72, KYZ73, KYZ74, KYZ77, KYZ78, KYZ79, KYZ82, KZ724, KZ799, KS188A (KZZ71), KZZ73 (D814V), B814D (KZZ), 2NZ70, 5NZ70, 6NZ70, 1PP75. Ceny od 1 do 25 Kčs.

TRANZISTORY

GC500, 2-GC500, GC501, GC502, GC507, 2-GC507, GC508, GC509, GC510, GC510K, GC510K+520K, GC511, GC511K, GC511K+521K, GC515, GC516, GC521K, GC522, GC522K, GS501, GS502, GS507, 103NU70, 2-103NU70, 106NU70, 101NU71, 2-101NU71, 102NU71, 103NU71, 104NU71, 2NU72, 2-2NU72, 3NU72, 2-3NU72, 4NU72, 2-4NU72, 5NU72, 2-5NU72, 2NU73, 3NU73, 2-3NU73, 4NU73, 2-4NU73, 5NU73, 2-5NU73, 6NU73, 2-6NU73, 7NU73, 2NU74, 2-2NU74, 3 NU74, 2-3NU74, 4NU74, 6NU74, 2-6NU74, 7NU74, GF501, GF502, GF503, GF504, GF506, OC170 (GT322), OC170 výb. (GT322A), 155NU70, 156NU70, KC510, KC507, KC508, KCZ58, KCZ59, KD602, KF504, KF506, KF507, KF517, KFY16, KFY34, KU601, KU611. Ceny od 3 do 55 Kčs.

INTEGROVANÉ OBVODY

MH5410, MH5420, MH5430, MH5450, MH5472, MH7400, MH7403, MH7410, MH7420, MH7430, MH7440, MH7450, MH7453, MH7460, MH7472, MH7474, MH7490, MH7493, MH8400, MH8450, MA0403, MAA115, MAA125, MAA145, MAA225, MAA245, MAA325, MAA345, MAA435, MAA501, MAA502, MAA503, MAA504, MAA525, MAA550, MAA661, MBA125, MBA145, MBA225, MBA245. Ceny od 23 do 55 Kčs.

Pro jednotlivce i organizace odběr za hotové i na fakturu:
+ ve značkových prodejnách TESLA
+ na dobírku od Zásilkové služby TESLA, Za dolním kostelem 847, PSČ 688 19 Uherský Brod
+ dle dohody s Oblastními středisky služeb TESLA: pro Středočeský, Jihočeský, Západočeský a Východočeský kraj – OBS TESLA Praha 1, Karlova ul. 27, PSČ 110 00, tel. 26 21 14; pro Severočeský kraj – OBS TESLA Ústí n. L., Pařížská 19, PSČ 400 00, tel. 274 31; pro Jihomoravský kraj – OBS TESLA Brno, Františkánská 7, PSČ 600 00, tel. 67 74 49; pro Severomoravský kraj – OBS TESLA Ostrava, Gottwaldova 10, PSČ 700 00, tel. 21 34 00; pro Západoslovenský kraj – OBS TESLA Bratislava, Karpatská 5, PSČ 800 00, tel. 442 40; pro Středoslovenský kraj – OBS TESLA Banská Bystrica, Malinovského 2, PSČ 974 00, tel. 255 50; pro Východoslovenský kraj – OBS TESLA Košice, Luník I, PSČ 040 00, tel. 362 43.

TESLA obchodní podnik